

Influencia del ambiente en el crecimiento y fructificación de  
*Physalis peruviana* L. en la región agrológica de la Llanura  
Deprimida No-Salina de la provincia de Tucumán

*Tesis presentada para optar al título de Magister de la Universidad de Buenos Aires,  
Área Producción Vegetal.*

**Rolando José Quiroga**

Ingeniero Agrónomo - Universidad Nacional de Catamarca – 2012

Estación Experimental Agropecuaria INTA Famaillá- Tucumán



Escuela para Graduados Ing. Agr. Alberto Soriano  
Facultad de Agronomía – Universidad de Buenos Aires



## **COMITÉ CONSEJERO**

Director de tesis

Daniel Santiago Kirschbaum

Ingeniero Agrónomo (Universidad Nacional de Tucumán)

M.Sc. Horticulture (Universidad de Florida)

Ph.D. PlantBiology (Universidad de California Davis)

Co-director de tesis

Pedro Marcos Civello

Bioquímico (Universidad Nacional de La Plata)

Doctor en Ciencias Bioquímicas (Universidad Nacional de La Plata)

Consejero de estudio

Marcelo Anibal Carmona

Ingeniero Agrónomo (Universidad de Buenos Aires)

Magister Scientiae del programa Producción Vegetal (Universidad de Buenos Aires)

Doctor en Ciencias Agrarias y Forestales (Universidad Nacional de La Plata)

**Dedicatoria**

A mi familia y mi esposa por el apoyo incondicional y palabras de aliento en todo momento.

**Agradecimientos**

A Dios y la Virgen, por protegerme siempre y haberme dado la fortaleza para seguir adelante.

Agradezco a mi director de beca y tesis Daniel S. Kirschbaum por el acompañamiento, la paciencia, colaboración y apoyo en todo el proceso de formación.

A mi Co-director de tesis Marcos Civello por el apoyo y aporte en este trabajo.

A mi consejero de estudio Marcelo Carmona por su aporte y conocimiento en este trabajo.

Agradezco al INTA por brindarme la oportunidad de continuar formándome profesionalmente y ejercer mi trabajo en el ámbito de la investigación.

A mis compañeros de oficina (Constanza, Lorena y Jorge) por el apoyo diario, consejos y enseñanzas recibidas.

Al coordinador de investigación de la EEA Famaillá Sergio M. Salazar por brindarme siempre su apoyo y colaboración.

Al grupo de frutas finas y hortalizas de la EEA Famaillá (Claudia, Micaela, Jorge, Elena, Ana, Freddy, Natalia, Lucia y Luz), por el apoyo y consejos en este trabajo.

Al personal de campo de la EEA INTA Famaillá (Luis Montenegro y Norberto Ybarra), por el apoyo incondicional recibido para realizar parte del trabajo experimental de esta tesis.

Al área de meteorología (Eugenia Zeman) y Ecofisiología (Julio Victor Sáez) por su aporte de conocimiento y sugerencias para esta tesis.

**Declaración**

*Declaro que el material incluido en esta tesis es, a mi mejor saber y entender, original producto de mi propio trabajo (salvo en la medida en que se identifique explícitamente las contribuciones de otros), y que este material no lo he presentado, en forma parcial o total, como una tesis en ésta u otra institución.*

## Índice General

Dedicatoria.....	1
Agradecimientos .....	2
Declaración .....	3
Índice General .....	4
Índice de Figuras .....	6
Índice de Tablas .....	8
Resumen .....	9
Abstract.....	10
Capítulo 1 .....	11
INTRODUCCIÓN.....	11
Objetivos específicos .....	18
Hipótesis .....	18
Capítulo 2 .....	19
Duración de las fases fenológicas de <i>Physalis peruviana</i> L.....	19
Introducción.....	19
Materiales y métodos .....	20
Resultados.....	25
Discusión .....	32
Conclusiones .....	36
Capítulo 3 .....	37
Evaluar la asociación de la temperatura y el fotoperíodo con el rendimiento de <i>Physalis peruviana</i> L.....	37
Introducción.....	37
Materiales y métodos .....	39
Resultados.....	40
Discusión .....	46
Conclusiones .....	49
Capítulo 4 .....	50
Caracterización de la fruta en cuanto a parámetros de calidad y análisis de su comportamiento postcosecha .....	50
Introducción.....	50
Materiales y métodos .....	51

Resultados .....	54
Discusión .....	62
Conclusiones .....	65
Capítulo 5 .....	67
Relevamiento de los principales problemas fitosanitarios que afectan a esta especie a lo largo de su ciclo productivo .....	67
Introducción .....	67
Materiales y métodos .....	69
Resultados .....	71
Discusión .....	78
Conclusiones .....	81
Capítulo 6 .....	82
Discusión general .....	82
Validación de hipótesis .....	84
Implicancias futuras .....	85
Bibliografía .....	87

## Índice de Figuras

Fig. 1. 1. La subregión de la Llanura Deprimida No-Salina (2a), en el contexto de las regiones agrológicas de la provincia de Tucumán (Mapa original de Zuccardi y Fadda 1985).....	15
Fig. 2. 1. Plantas de uchuva a los 18 días después de la siembra. EEA INTA Famaillá, Tucumán.	21
Fig. 2.2. Plantas de uchuva en las fases de (A) pimpollos florales y (B) flor abierta. EEA INTA Famaillá, Tucumán. ....	23
Fig. 2.3. Plantas de uchuva en las fases de (A) cuaje de fruta y (B) frutos maduros. EEA INTA Famaillá, Tucumán. ....	24
Fig. 2.4. Temperaturas máximas y mínimas durante los años 2015, 2016 y 2017 a lo largo del ciclo del cultivo de uchuva y su temperatura base (6,29°C), en la EEA INTA Famaillá, Tucumán. ....	25
Fig. 2.5. Calendario fenológico para la primera fecha de trasplante (T1) desde el trasplante a campo hasta el inicio de producción en EEA Famaillá-Tucumán.....	31
Fig. 2.6. Tiempo térmico y fenología de <i>Physalis peruviana</i> . Cantidad de grados días (°d) acumulados hasta la ocurrencia de cada fase fenológica, tomando como modelo la primera fecha de trasplante (T1, promedio de los 3 años), en EEA Famaillá-Tucumán. ....	32
Fig. 3. 1. Rendimiento total (t/ha) (rendimiento comercial + descarte) acumulado de tres fechas de siembra/trasplante (T1, T2, T3), en tres ciclos productivos anuales de uchuva (2015, 2016 y 2017), en Famaillá (Tucumán). ....	43
Fig. 3. 2. Promedio del rendimiento total acumulado (t/ha) y del número de hojas registradas en la fase fenológica de flor abierta de <i>Physalis peruviana</i> , en los 3 años de evaluación (2015, 2016 y 2017) para los tratamientos (T1, T2 y T3). Famaillá, Tucumán. ....	44
Fig. 3. 3. Grafico Biplot del análisis de componentes principales para tres años de evaluación (2015, 2016 y 2017), analizando tratamientos (T1, T2 y T3) en función del rendimiento total (R total), la tasa máxima de producción de fruta (tasa), la duración de esta tasa en días (duración) y las variables climáticas (radiación acumulada, radiación media, fotoperíodo, temperaturas máxima, media y mínima, y coeficiente fototermal). ....	46
Fig. 4.1. Medición de acidez titulable mediante un mezclador marca Fbr de 2000 rpm y un peachímetro Sartoriusdocu –ph+ meter, en el laboratorio de INTA Famaillá, Tucumán. ....	53
Fig. 4.2. Determinación de peso individual del fruto en el momento de la cosecha (A). Frutos con cáliz después de 21 días en cámara de frío a 0°C (B). ....	54
Fig. 4.3. Comportamiento del peso individual del fruto de uchuva en el momento de la cosecha. Valores promedios de los tres años de evaluación con error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos para $P \leq 0,05$ . ....	55
Fig. 4.4. Comportamiento del diámetro ecuatorial del fruto de uchuva en el momento de la cosecha. Valores promedios de los tres años de evaluación con error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas entre los tres tratamientos para $P \leq 0,05$ . ....	56
Fig. 4.5. Comportamiento de la firmeza del fruto de uchuva en el momento de la cosecha. Valores promedios de los tres años de evaluación con error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos para $P \leq 0,05$ . ....	57



Fig. 4.6. Comportamiento de los sólidos solubles totales del fruto de uchuva en el momento de la cosecha. Valores promedios de los tres años de evaluación con error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos para $P \leq 0,05$ . .....	58
Fig. 4.7. Comportamiento de la acidez titulable del fruto de uchuva en el momento de la cosecha. Valores promedios de los tres años de evaluación con error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos para $P \leq 0,05$ . .....	59
Fig. 4.8. Comportamiento del peso de 10 frutos de uchuva con cáliz en gramos, durante 27 días almacenados en cámara de frío a 0°C. Valores promedios de un año de evaluación con error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos para $P \leq 0,05$ . .....	60
Fig. 4.9. Comportamiento de los sólidos solubles totales de frutos de uchuva con cáliz, a los 0, 14 y 21 días de almacenamiento en cámara de frío a 0°C. Valores promedios de un año de evaluación con error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos para $P \leq 0,05$ . .....	61
Fig. 4.10. Comportamiento de la acidez titulable de frutos de uchuva con cáliz, a los 0, 14 y 21 días de almacenamiento en cámara de frío a 0°C. Valores promedios de un año de evaluación con error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos para $P \leq 0,05$ . .....	62
Fig. 5.1. Tallos perforados por adultos de <i>Faustinus</i> sp. en plantas de uchuva (INTA Famaillá, Tucumán). .....	72
Fig. 5.2. Estadio larval (A) y pupal (B) de <i>Faustinus</i> sp. en plantas de uchuva (INTA Famaillá, Tucumán). .....	72
Fig. 5.3. Frutos de uchuva atacados por larvas de <i>Heliothis</i> sp. en la planta (INTA Famaillá, Tucumán). .....	73
Fig. 5.4. Impacto de <i>Heliothis</i> sp. sobre el rendimiento promedio de los 3 años de evaluación de la uchuva en Famaillá, Tucumán, en cada fecha de trasplante (tratamiento). Las barras grises representan las pérdidas de fruta por descarte, a raíz del daño del insecto a la fruta. Valores promedios con error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas para $P \leq 0,05$ . .....	74
Fig. 5.5. Plantines de uchuva, con presencia de babosas (INTA Famaillá, Tucumán). .....	75
Fig. 5.6. Planta de uchuva con síntoma típico de marchitamiento vascular o muerte descendente (INTA Famaillá, Tucumán). .....	75
Fig. 5.7. Corte transversal de un tallo de uchuva con necrosis en los haces vasculares (INTA Famaillá, Tucumán). .....	76
Fig. 5.8. Coloración típica de <i>Fusarium</i> sp. en medio de cultivo APG. ....	76
Fig. 5.9. Estructuras microscópicas: macro y microconidios de <i>Fusarium</i> sp. ....	77
Fig. 5.10. Cámara húmeda con frutos de uchuva a 20°C y 90% HR, con signos de <i>Pestalotia</i> (INTA Famaillá, Tucumán). .....	78
Fig. 5.11. Frutos de uchuva en cámara húmeda con <i>Botrytis</i> (A), <i>Cladosporium</i> (B), <i>Phomopsis</i> (C) y <i>Pestalotia</i> (D) (INTA Famaillá, Tucumán). .....	78

## Índice de Tablas

<b>Tabla 2. 1. Fechas de siembra de uchuva en los tres años de evaluación (Famaillá, Tucumán).</b>	22
<b>Tabla 2. 2. Fechas de trasplante de uchuva de los tres años de estudio (Famaillá, Tucumán).</b>	22
<b>Tabla 2. 3. Valores promedios (test de Tukey) y error estándar (E.E.) del número de hojas por planta de <i>Physalis peruviana</i> en el momento del trasplante y en la fase flor abierta, para cada fecha de trasplante (tratamientos T1, T2 y T3), durante los años 2015, 2016 y 2017. Letras distintas significan diferencias significativas para <math>P \leq 0,05</math>, para los tratamientos en cada año.</b>	26
<b>Tabla 2. 4. Fecha de ocurrencia de cada fase fenológica (DM), días desde trasplante (DDT), días transcurridos desde la fase fenológica anterior (DDFA) y tiempo térmico (TT) de cada fase fenológica en plantas de uchuva (Famaillá, Tucumán).</b>	29
<b>Tabla 2. 5. Fotoperíodo al que estuvo expuesto el cultivo de uchuva en distintos momentos de su ciclo (Famaillá, Tucumán).</b>	30
<b>Tabla 3. 1. Medias y error estándar (E.E.) obtenidos mediante test estadístico DGC, Cuadrado Medio del Error (ECM) y valor de P, para los tratamientos fechas de siembra/trasplante (T1, T2, T3), años (2015, 2016, 2017) e interacción Tratamiento x Año, para las variables rendimiento total (R total), comercial (R comercial) y descarte expresados en toneladas (t). Letras diferentes significan diferencias significativas para <math>p \leq 0,05</math>.</b>	41
<b>Tabla 3. 2. Suma de cuadrados (SC) del ANOVA y porcentaje de explicación de las variables independientes tratamiento (fechas de siembra/trasplante), año y tratamiento x año, para las variables dependientes rendimiento total (SC R total), rendimiento comercial (SC R comercial) y descarte(SC Descarte) en toneladas. * Significativo para <math>p \leq 0,05</math>. ns: no significativo.</b>	42

## Resumen

La uchuva (*Physalis peruviana* L.) es una especie de creciente importancia a nivel mundial, básicamente por las propiedades nutraceuticas del fruto y los excelentes precios en el mercado europeo y estadounidense. En la Argentina, si bien el noroeste argentino es centro de origen de algunas especies del género *Physalis*, la uchuva no se cultiva, por lo cual hay escasa información sobre su adaptabilidad al cultivo comercial. En este marco, los objetivos de este trabajo fueron determinar la duración de las fases fenológicas en distintas fechas de plantación evaluar la asociación de la temperatura y el fotoperíodo con el rendimiento, caracterizar la fruta según parámetros de calidad en cosecha y postcosecha, y determinar la entomofauna asociada al cultivo. A tales fines, se realizaron ensayos durante tres ciclos anuales del cultivo en los años 2015, 2016 y 2017, consistentes en tres fechas de siembra/trasplante como tratamientos: primera (T1), segunda (T2) y tercera (T3) fecha. Las variables ambientales consideradas fueron, temperatura máxima, mínima y media, fotoperíodo, radiación media y acumulada, y se obtuvo coeficiente fototermal. La primera fecha de plantación fue la que permitió obtener mayor rendimiento ( $3500\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), lo que se asoció positivamente a la tasa de producción de fruta y su duración, y al alto coeficiente fototermal; y negativamente al fotoperíodo más largo y la temperatura alta. Las fases fenológicas pimpollo, flor abierta, cuaje y fruto maduro ocurrieron, para T1, a los 42, 75, 89 y 145 días después del trasplante (DDT), respectivamente; para T2, a los 56, 73, 88 y 136 DDT, respectivamente; y para T3, a los 61, 82, 91 y 130 DDT, respectivamente. En relación a la calidad de fruta en cosecha, el peso individual del fruto fue de  $\approx 3,5$  g, el diámetro ecuatorial  $\approx 17,4$  mm, los sólidos solubles totales  $\approx 15,5$  °Bx (grados brix) y la acidez titulable  $\approx 1,9$  %. En poscosecha, las evaluaciones de calidad de fruta después de 21 días de almacenamiento en cámara de frío a  $0^{\circ}\text{C}$ , mostraron que las propiedades físicas y químicas eran aceptables. *Heliothis* sp fue la principal especie plaga encontrada, asociada a una reducción del 24% de la producción. El patógeno *Fusarium* sp. estuvo asociado al decaimiento fúngico de algunas plantas. Los resultados obtenidos permiten presumir sobre la factibilidad agronómica del cultivo de uchuva en la Llanura Deprimida No Salina de la provincia de Tucumán.

**Palabras claves:** uchuva, fenología, rendimiento, plagas y enfermedades.

## Abstract

The cape gooseberry, or goldenberry (*Physalis peruviana* L.), is a species of increasing importance worldwide, basically due to its fruit nutraceutical properties and to the excellent prices paid for it in European and American markets. In Argentina, although the Argentine northwest is center of origin of some species of the *Physalis* genus, goldenberries are not cultivated, which leads to little information on its adaptability to commercial cultivation. In this framework, the objectives of this work were to determine the duration of the phenological phases, to evaluate the effect of temperature and photoperiod on fruit yield, to characterize the fruit according to quality parameters in harvest and post-harvest, and to determine the arthropofauna associated with the crop. For these purposes, trials were conducted during three annual crop cycles in 2015, 2016 and 2017, consisting of three sowing/planting dates as treatments: first (T1), second (T2) and third (T3) date. The environmental variables considered were maximum, minimum and average temperature, photoperiod, medium and accumulated radiation, and photothermal coefficient. The highest yield was obtained on the first planting date (3500 kg.ha<sup>-1</sup>), which was positively associated to the fruit production rate and duration and to the photothermal coefficient; and negatively associated to photoperiod and temperature. The phenological phases bud, open flower, fruit set and mature fruit occurred, for T1, at 42, 75, 89 and 145 days after transplantation (DDT), respectively; for T2, at 56, 73, 88 and 136 DDT, respectively; and for T3, at 61, 82, 91 and 130 DDT, respectively. In relation to fruit quality at harvest, fruit individual weight was  $\approx$  3.5 g; equatorial diameter  $\approx$  17.4 mm; SST (total soluble solids)  $\approx$  15.5 °Bx (brix) and titratable acidity  $\approx$  1.9%. In post-harvest, fruit quality evaluations after 21 days of cold chamber storage at 0 °C, showed acceptable physical and chemical properties. *Heliothis* sp was the main pest species found, associated with a 24% reduction in production. The pathogen *Fusarium* sp. was associated with the fungal decay of some plants. These results allow us to presume that goldenberry cultivation in the Non-Saline Depressed Plain of the province of Tucumán is agronomically feasible.

**Keywords:** cape gooseberry, goldenberry, phenology, yield, pests and diseases.

## Capítulo 1

### INTRODUCCIÓN

La uchuva (*Physalis peruviana* L.) es originaria de países de América del Sur como Perú, Colombia y Ecuador (Legee 1974; Medina 1991), y se encuentra ampliamente distribuida en el mundo por su plasticidad para adaptarse a diferentes condiciones climáticas (Fischer et al. 2014). Pertenecce a las angiospermas y está dentro de los siguientes taxones (Sánchez 1991; Whitson y Manos 2005):

Clase: Magnoliopsida

Superorden: Asteranae

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Subfamilia: Solanoideae

Tribu: Physaleae

Subtribu: Physalinae

Género: *Physalis* L.

Subgénero: *Rydbergis* Hendrych

Sección: *Lanceolatae* (Rydb.) M.Y. Menzel

Especie: *Physalis peruviana* L.

El género *Physalis* está compuesto por 90 especies y es uno de los más grandes de la familia Solanaceae (Sullivan 2004). Lineo en 1753 dio el nombre a *Physalis peruviana* (Thomás y Ortega 2014).

Es una planta herbácea con la base del tallo a veces lignificada, perenne o anual, dependiendo de la zona de cultivo (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural 2002;

Aguilar et al. 2006), con pelos simples y tallos angulosos simples o ramificados. Las hojas son membranáceas, geminadas y alternas, ovadas, con el borde sinuoso dentado, entero o lobulado, velloso-viscosas. La característica más distintiva del género *Physalis* es su cáliz acrescente, que crece de forma simultánea con el fruto y lo cubre completamente, incluso en el estado de madurez. Esta característica del cáliz es responsable del nombre del género, el cual deriva de la palabra griega para vejiga (*Physalis*) (Heiser 1987).

La uchuva, por su hábito de crecimiento indeterminado (el desarrollo de nuevas ramas, hojas, flores y frutos ocurre simultáneamente), crece sin tutorado normalmente hasta una altura de 1 a 1,5 m, pero con poda y espaldera puede superarlos 2,0 m (Fischer 2000), lo cual es aconsejable para aprovechar la luz, favoreciendo la fotosíntesis, que luego se traducirá en mayor productividad y calidad de fruta (Angulo 2011).

En las axilas de las hojas se forman flores acampanadas, pedunculadas y hermafroditas, con cinco pétalos soldados, amarillos con puntos morados en su base (Fischer et al. 2011). La polinización ocurre fácilmente por insectos o el viento (National Research Council 1989) y la autopolinización es común (Guptay Roy 1981). Posterior a la polinización, la corola se desprende de la flor (Waterfall 1967).

El fruto tiene un alto contenido de provitamina A, ácido ascórbico y algunas vitaminas del complejo B (tiamina, niacina y vitamina B12), proteína, fósforo y hierro (Rehm y Espig 1991; Fischer y Miranda 2012). Además, se destaca por su alto contenido de antioxidantes, ácidos grasos poliinsaturados y fitoesteroles (Puente et al. 2011). A esto se suman su delicado sabor y aroma, y sus propiedades medicinales.

Por estos motivos, la uchuva se consume popularmente en diversos países de América Latina y también se exporta, con demanda creciente, a nuevos mercados (E.E.U.U. y Europa

principalmente) (Galvis et al. 2005). Así, la producción de uchuva constituye una gran alternativa para la economía de diversos países (Gastelum 2012).

A nivel mundial, Colombia es el mayor productor de uchuva, seguido por Sudáfrica (Chaves 2006). El país sudamericano cuenta con 800-1000 ha y una productividad de 15 a 28 t/ha (Miranda 2005), con cultivos que llegan hasta los 4 años, teniendo ciclos de producción de 7 a 12 meses (Fischer et al. 2014), también son importantes países como Kenia, Zimbabwe, Australia, Nueva Zelanda, India y Ecuador (Beltran 2009).

En los últimos años, el cultivo avanzó en Latinoamérica, extendiendo su área de cultivo, principalmente en Brasil, Perú, Chile y Ecuador (Fischer et al. 2014). En Brasil encuentra una buena adaptación a una amplia gama de climas y suelos (Muniz et al. 2012), aunque todavía la producción es muy baja (3 t/año), concentrándose principalmente en San Pablo y Rio de Janeiro (Fischer et al. 2014), pero la mayoría de la fruta que se consume en este país proviene de Colombia (Rodríguez et al. 2009).

En Perú se reporta la producción de uchuva en 8 departamentos (Verhoeven et al. 2010), principalmente en zonas frías (Sullivan et al. 2005). El rendimiento promedio es de 7 t/ha, el cual puede variar dependiendo de la tecnología aplicada (Fischer et al. 2014). En Chile hay poca información del cultivo, PROCHILE (2011) reporta 5,5 ha con un rendimiento promedio de 6 t/ha, en 2010. El ciclo del cultivo en este país empieza en julio con la siembra, y se prolonga hasta marzo donde las plantas mueren por la ocurrencia de heladas (Fischer et al. 2014).

En Ecuador, la producción de uchuva se centra en pequeños y medianos productores en zonas de altura (Fischer et al. 2014). La superficie implantada es de 350 ha aproximadamente, con un rendimiento promedio de 13 t/ha (Altamirano 2010).

Si bien no se conocen variedades de *P. peruviana*, de acuerdo a la revisión de la especie realizada por Puente et al. (2011), existen ecotipos de diferentes regiones, los que se diferencian por características del fruto tales como calibre, color, sabor y forma del capullo, y de la planta tales como altura y tamaño. Se cultivan tres ecotipos: Colombia, Kenia y Sudáfrica. El colombiano se caracteriza por frutos pequeños, peso promedio de 5 g, color más vivo y un mayor contenido de sólidos solubles que el de Kenia y Sudáfrica. Esto, sumado a otras características morfológicas como el cáliz, el sabor y la vida poscosecha, hacen al ecotipo Colombia más apetecible para los mercados.

La subregión de la Llanura deprimida No-Salina de la provincia de Tucumán se ubica al oeste del río Salí desde el sur del Departamento Capital hasta una línea oblicua imaginaria que une la ciudad de Simoca con Santa Ana, abarcando el 30% de la Llanura Deprimida, el 8,8 % del área llana de la provincia y el 5,2 % de la total (Fig. 1.1). Se caracteriza porque la capa freática tiene un contenido salino  $\leq 300$  mg/l y el nivel de la misma va a depender del relieve, proximidad de los cursos de agua y las precipitaciones, fluctuando entre 0,30 y 1,00 m en el período de lluvias (verano-otoño) y 0,60 m y 3,00 m (invierno-primavera) (Zuccardi y Fadda 1985; Sanzano y Fadda 2009).

La presencia de la capa freática superficial que caracteriza a la región trae aparejadas limitaciones para el manejo del suelo y los cultivos, siendo el principal factor restrictivo la acumulación de excesos de agua y su lenta eliminación, ocasionando asfixia radicular por condiciones de hipoxia o anoxia y alterando la disponibilidad de nutrientes para la planta. Además, los suelos saturados tienen restricciones para la realización oportuna de labores agrícolas tales como preparación del suelo, tránsito de maquinaria y cosecha (Sanzano y Fadda 2009).



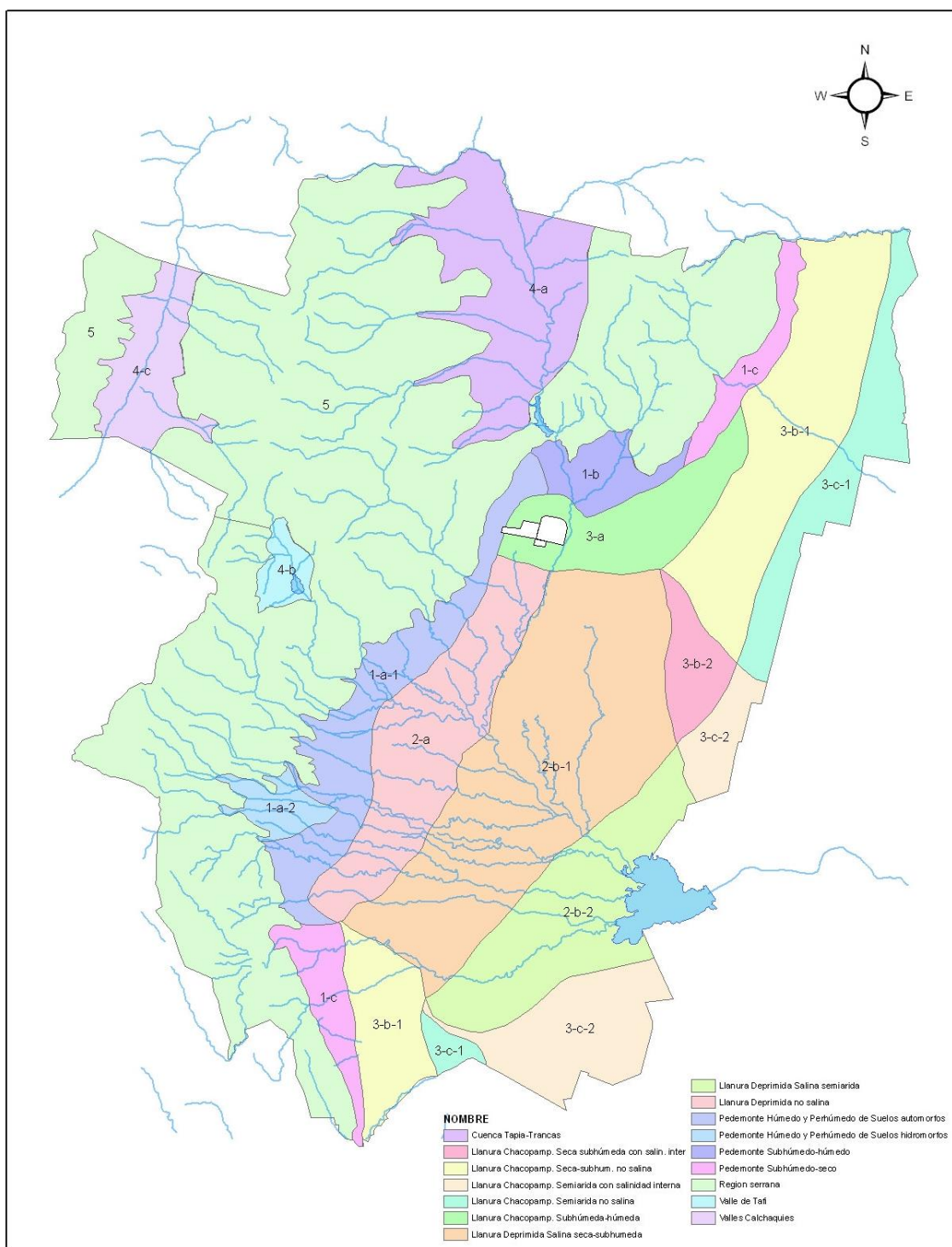


Fig. 1. 1. La subregión de la Llanura Deprimida No-Salina (2a), en el contexto de las regiones agrológicas de la provincia de Tucumán (Mapa original de Zuccardi y Fadda 1985).

El mesoclima del sector oriental del Departamento Famaillá (que se sitúa en el límite occidental de la Llanura Deprimida No-Salina), es sub-húmedo húmedo cálido. Cabe señalar que el clima de Tucumán, en general, se caracteriza por presentar un gradiente termohigrométrico de este a oeste, es decir desde la llanura hacia las montañas, y como consecuencia, las precipitaciones aumentan de este a oeste, mientras que las temperaturas máximas y las heladas (período libre, duración e intensidad), disminuyen (González Lelong et al. 1997).

En el área de estudio de la presente tesis la precipitación media anual es de 1000 mm, y la evapotranspiración potencial es de 900 mm, habiendo por lo tanto un balance hídrico positivo. Las lluvias están concentradas en el período estival-otoñal; mientras que en el período invernal-primaveral, se registra escasas precipitaciones. La temperatura media anual es de 19°C. La temperatura media de enero es de  $\approx 26^{\circ}\text{C}$  y la de julio  $\approx 12^{\circ}\text{C}$ . La frecuencia de heladas es  $\leq 10$  por año, las cuales se registran en el período comprendido entre junio y agosto (Zuccardi y Fadda 1985).

Desde el punto de vista social y agropecuario, la Llanura Deprimida No-Salina se caracteriza por contener el 50% del área cultivada con caña de azúcar de la provincia de Tucumán (Sanzano y Fadda 2009), donde predomina el minifundio cañero (productores de  $\leq 5$  ha) y la gran mayoría de los agricultores se encuentran en situación de pobreza (Cusumano 2009). En este contexto, los cultivos intensivos, especialmente los frutihortícolas, con demanda en mercados internacionales, podrían resultar alternativas interesantes para paliar la crisis socioeconómica del sector minifundista cañero.

Considerando que el noroeste argentino es centro de origen de algunas especies del género *Physalis* (Rapoport et al. 2009), y debido a la capacidad para adaptarse a distintas

condiciones climáticas que presenta la uchuva, sería importante evaluar el desempeño de *Physalis peruviana* L. en Tucumán, en ciclo anuales de cultivo, con trasplante a campo al inicio del otoño, dado que en la provincia hay zonas potencialmente aptas para su cultivo. Cabe destacar que esta provincia es una de las principales exportadoras de berries argentinos hacia el hemisferio norte (Kirschbaum et al. 2012), donde se encuentran los principales mercados consumidores de uchuva. Además, en Tucumán se ha desarrollado una logística eficiente de exportación de berries a través de vuelos cargo, que en pocas horas alcanzan los aeropuertos de las ciudades más importantes de E.E.U.U. y Europa (Secretaría de Estado de Comunicación Pública 2016), lo que facilitaría los despachos de uchuva a esos destinos. Esta especie frutal entraría en el grupo de las frutas finas o pequeños frutos, junto a la frutilla, arándano, zarzamora y frambuesa, que ya se producen en la provincia y se exportan.

Debido a la escasa y fragmentada información sobre *P. peruviana* disponible en Argentina, y particularmente en Tucumán, surge la idea de plantear un trabajo de investigación cuyo objetivo general es estudiar la posibilidad de introducir el cultivo de *Physalis peruviana* L. en la región agrológica de la Llanura Deprimida No-Salina de la provincia de Tucumán. Sobre la base de los antecedentes disponibles se plantearon hipótesis y objetivos específicos que se desarrollarán en los capítulos siguientes. Los objetivos 1, 2 y 3 corresponden a los capítulos 2, 3 y 4 respectivamente, y responden a la hipótesis 1. Mientras que el objetivo 4 está desarrollado en el capítulo 5 y responde a la hipótesis 2.

**Objetivos específicos**

1. Determinar la duración de las fases fenológicas del cultivo de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en distintas fechas de plantación (capítulo 2).
2. Evaluar la asociación de la temperatura y el fotoperíodo con el rendimiento (capítulo 3).
3. Caracterizar la calidad de la fruta en cosecha y postcosecha, determinando el peso, diámetro, firmeza, sólidos solubles y acidez titulable (capítulo 4).
4. Relevar los principales problemas fitosanitarios que afectan a esta especie a lo largo de su ciclo productivo (capítulo 5).

**Hipótesis**

1. El ambiente fototermal explorado por el cultivo es distinto al cambiar la fecha de plantación por lo que se modifica la duración de las distintas fases fenológicas y en consecuencia determinan diferencias en el rendimiento y la calidad.
2. La presencia de artropofauna fitófaga y de fitopatógenos se relaciona con la fecha de plantación.

## Capítulo 2

### Duración de las fases fenológicas de *Physalis peruviana* L.

#### Introducción

La uchuva (*P. peruviana* L.) crece de forma silvestre y semisilvestre entre los 800 y 3000 msnm y está ampliamente distribuida en la zona andina. Esta planta se encuentra en casi todos los altiplanos de los trópicos y en varias partes de los subtrópicos, donde se comporta como planta anual o perenne, respectivamente (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural 2002; Aguilar et al. 2006; Moura et al. 2016). Además, el hecho de haber sido introducida para su cultivo en diversas partes del mundo como África, Australia, Nueva Zelanda, China, India, Malasia, Filipinas, Estados Unidos e Inglaterra, ponen en relieve su capacidad de adaptación a variadas condiciones agroclimáticas (Morton 1987).

En este sentido, cabe destacar que crece en ambientes cuyos rangos de temperatura van desde los 5 a los 35°C, con una temperatura base de 6,29°C y una óptima de 21°C (Salazar et al. 2008; Ali y Singh 2014). Temperaturas diurnas  $\geq 35^{\circ}\text{C}$  impactan negativamente en la floración y fructificación, y nocturnas  $\leq 10^{\circ}\text{C}$  afectan el crecimiento y desarrollo de la planta (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural 2002). Así también la uchuva, es una planta de días cortos cuantitativa (fotoperíodos de 8 h inducen a la floración, comparado con fotoperíodos de 16 h), pero la planta continúa la floración aún con fotoperíodos largos si las temperaturas se encuentran en el rango óptimo de crecimiento (Heinze y Midash 1991; Hansen y Sunding 1993).

El porte de la planta está condicionado por factores ambientales tales como luz, temperatura y tipo de suelo, influyendo estos en la profundidad radicular, que puede variar entre 0,6-0,9 m y 1,8 m, en condiciones óptimas (Chia et al. 1997; Fischer y Miranda 2012). El fruto se desarrolla en un lapso de 60 a 80 días desde el trasplante, dependiendo de las

condiciones agroecológicas (Fischer y Miranda 2012). En Colombia, con una temperatura media de 16,2°C y a 2100 msnm, la madurez fisiológica se alcanza a los 56 días después de la floración (Castañeda y Paredes 2003). El inicio de la floración y la fructificación se benefician con temperaturas entre 20 y 22°C (Aguilar et al. 2006).

En la Argentina, específicamente en las Yungas (NOA), si bien existen especies nativas de *Physalis* que producen frutos similares a la uchuva (e incluso se los denomina con este nombre), como por ejemplo *P. pubescens* (Martínez 1998), no se explotan comercialmente. Esto hace que la información disponible en el país sobre esta especie y su manejo sea prácticamente nula.

Ante lo expuesto, los objetivos de este capítulo fueron registrar el poder germinativo de la semillas, el número de hojas y las fases fenológicas de las plantas de *P. peruviana* establecidas en parcelas experimentales en la región de la Llanura Deprimida No Salina de Tucumán (Zuccardi y Fadda, 1985), y evaluar el efecto de diferentes fechas de plantación sobre la duración de las mismas en días y en tiempo térmico. La hipótesis que sustenta este objetivo es que la duración de las fases fenológicas de *P. peruviana* será diferente al modificar la fecha de plantación. Fechas más tempranas permiten obtener ciclos de fructificación más prolongados.

## **Materiales y métodos**

Los ensayos se llevaron a cabo en el campo experimental de la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Famaillá del INTA, en la localidad de Estación Padilla (27°03'S, 65°25'O, 363 m.s.n.m.), provincia de Tucumán. El trabajo se repitió durante tres años consecutivos de ciclos anuales de plantación y cosecha: 2015, 2016 y 2017. Cada año, los

tratamientos fueron primera, segunda y tercera fecha de siembra/transplante (T1, T2 y T3, respectivamente).

Siembra. Las semillas provinieron de Tilcara (Jujuy) y corresponden al ecotipo “Colombia”. El proceso se inició con el almácigo, sembrando las semillas en bandejas plásticas de 35 celdas de 100 cc cada una (Fig. 2.1), utilizando sustrato de estructura fina desinfectado, pH 5,5 a 6,5, formulado con turba rubia y negra, perlita, vermiculita, macro y micro nutrientes.



Fig. 2. 1. Plantas de uchuva a los 18 días después de la siembra. EEA INTA Famaillá, Tucumán.

Las siembras (una semilla por celda) se realizaron en tres fechas diferentes entre enero y abril (Tabla 2.1), para tener de esta manera diferentes fechas de trasplante a campo. El porcentaje de germinación se determinó a los 25 días desde la siembra (Sánchez 2002), relacionando el número de semillas germinadas con el número de semillas sembradas. Las bandejas se mantuvieron en un invernadero de vidrio en condiciones controladas de humedad por un lapso que varió de 69 a 109 días, debido a que las condiciones climáticas (precipitaciones) durante los años evaluados, no permitieron preparar el suelo en el campo experimental en tiempo y forma. Por este motivo, previo al trasplante a campo, los plantines

debieron ser plantados en macetas de 1,5 litros, a la espera de condiciones adecuadas para la preparación del suelo y posterior trasplante a campo a los 50-60 días (Angulo 2005; Muniz et al. 2015).

**Tabla 2. 1. Fechas de siembra de uchuva en los tres años de evaluación (Famaillá, Tucumán).**

Tratamiento	Año		
	<u>2015</u>	<u>2016</u>	<u>2017</u>
	<u>Fecha de siembra</u>		
T1	29 de enero	11 de febrero	13 de febrero
T2	26 de febrero	01 de marzo	10 de marzo
T3	10 de marzo	31 de marzo	03 de abril

Plantación y conducción. El trasplante, en los tres años, se realizó entre mayo y junio (Tabla 2.2), a una distancia de 1 m entre plantas, sobre camellones de 0,4 m de ancho y 0,5 m de altura, distanciados 1,5 m entre sí.

**Tabla 2. 2. Fechas de trasplante de uchuva de los tres años de estudio (Famaillá, Tucumán).**

Tratamiento	Año		
	<u>2015</u>	<u>2016</u>	<u>2017</u>
	<u>Fecha de trasplante</u>		
T1	18 de mayo(109)	05 de mayo(84)	02 de mayo(78)
T2	08 de junio(102)	23 de mayo(83)	22 de mayo(73)
T3	18 de junio(100)	08 de junio(69)	12 de junio(70)

A medida que las plantas fueron creciendo se fueron conduciendo o tutorando en espalderas, colocando un poste en cada extremo de los camellones y filas de alambre a los 0,5 m, 1,0 y 1,5 m de altura.

Se dispuso un diseño completamente aleatorizado (DCA) con 3 tratamientos (fechas de siembra/trasplante) y 3 repeticiones de 9 plantas cada una. Se registró semanalmente el número de hojas expandidas por planta (en toda la planta de cada repetición en los



tratamientos) como medida de desarrollo de la misma, desde el trasplante a campo hasta la aparición de la primera flor abierta (Sánchez 2002).

Las fases fenológicas consideradas fueron pimpollo floral (Fig. 2.2 A), flor abierta (Fig. 2.2 B), cuaje del fruto (Fig. 2.3 A) y fruto maduro (Fig. 2.3 B) (Sánchez 2002). Mediante observaciones semanales, visualmente se registró el momento de inicio de cada fase en las 27 plantas de cada tratamiento, medido en días después del trasplante (DDT).

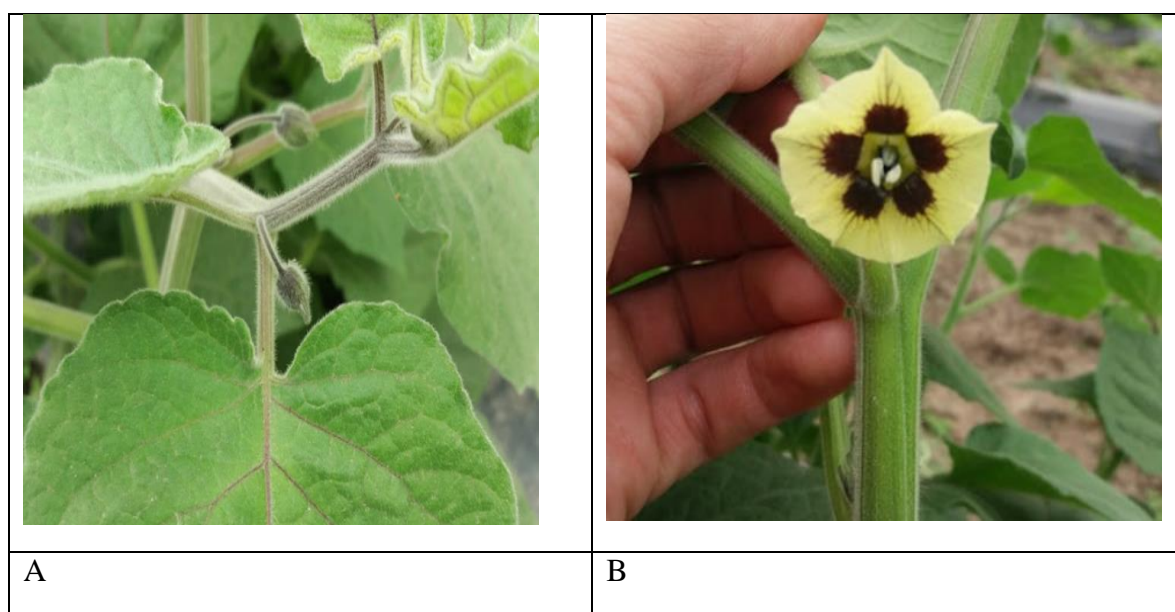


Fig. 2.2. Plantas de uchuva en las fases de (A) pimpollos florales y (B) flor abierta. EEA INTA Famaillá, Tucumán.

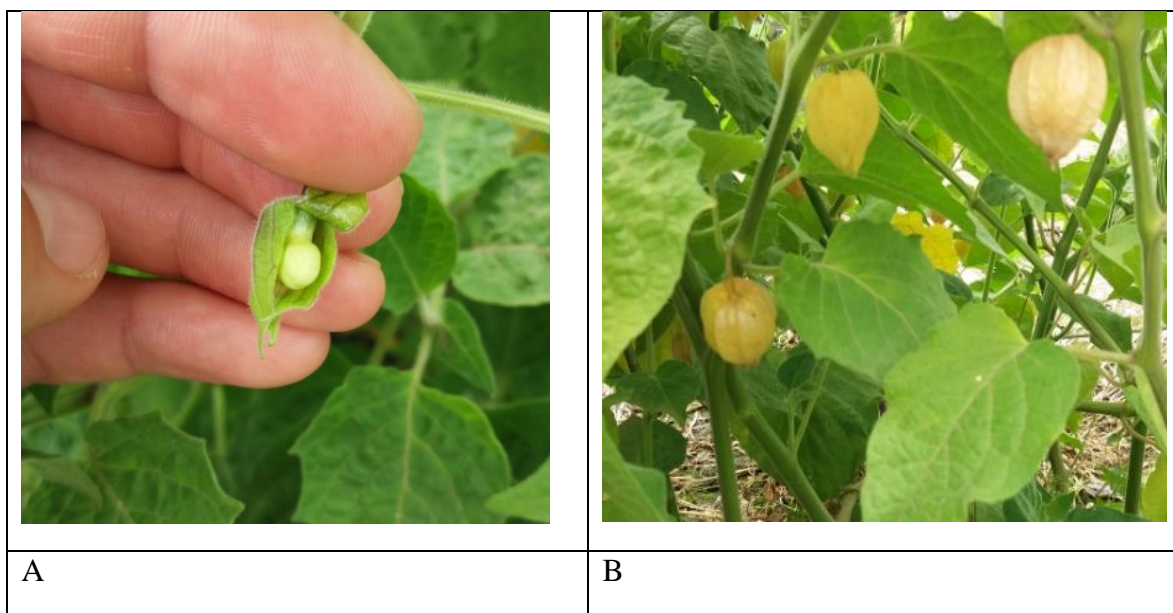


Fig. 2.3. Plantas de uchuva en las fases de (A) cuaje de fruta y (B) frutos maduros. EEA INTA Famaillá, Tucumán.

Además, se calculó el tiempo térmico (TT) para cada fase registrada, tomando como temperatura base 6,29°C (Salazar et al. 2008). Los datos de temperatura fueron proporcionados por la Sección Agrometeorología de INTA Famaillá (Fig. 2.4). La fórmula que se aplicó fue:

$$\text{Tiempo térmico diario} = \sum [(T_{\text{max}} + T_{\text{min}})/2] - T_{\text{base}}$$

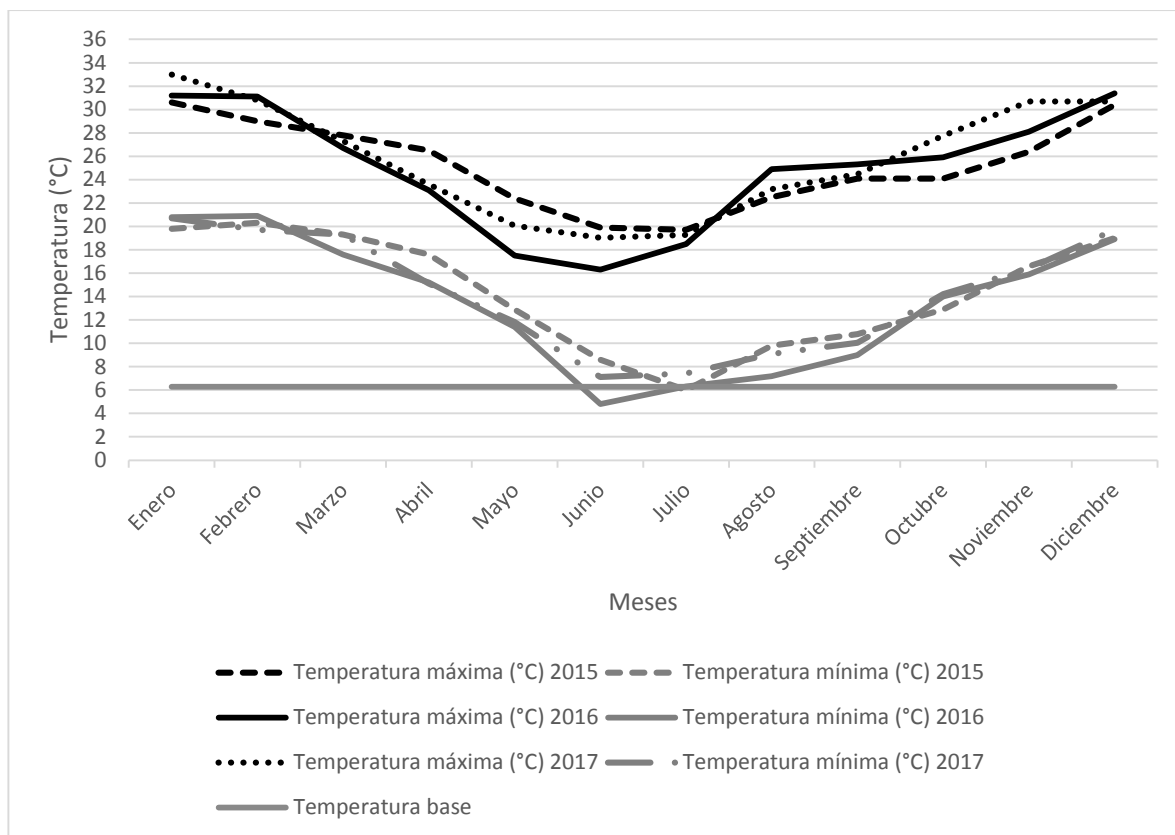


Fig. 2.4. Temperaturas máximas y mínimas durante los años 2015, 2016 y 2017 a lo largo del ciclo del cultivo de uchuva y su temperatura base (6,29°C), en la EEA INTA Famaillá, Tucumán.

Se realizó análisis de varianza del número de hojas por planta de *Physalis peruviana* correspondiente a cada tratamiento en el momento de trasplante a campo, y en la fase de flor abierta. Se utilizó el test de Tukey para comparación de medias, a través del programa estadístico Infostat (Muniz et al. 2015; Almeida 2017).

## Resultados

De un total de 105 semillas sembradas cada año, germinaron 103 (98%), 102 (97%) y 103 (98%), en 2015, 2016 y 2017, respectivamente, a los 25 días después de la siembra. Se continuó observando el porcentaje de germinación en fechas posteriores sin haberse

modificado los valores medidos inicialmente. El número de hojas por planta, hasta el momento de flor abierta, varió en cada tratamiento, siendo este número mayor en T1, que en T3 en todos los años del experimento. En 2015, el menor número de hojas hasta primera flor abierta se observó en T2. En 2016, T2 y T3 presentaron el menor número, mientras que en el 2017 se observó en T3 el menor número de hojas hasta flor abierta (Tabla 2.3).

**Tabla 2. 3. Valores promedios (test de Tukey) y error estándar (E.E.) del número de hojas por planta de *Physalis peruviana* en el momento del trasplante y en la fase flor abierta, para cada fecha de trasplante (tratamientos T1, T2 y T3), durante los años 2015, 2016 y 2017. Letras distintas significan diferencias significativas para  $P \leq 0,05$ , para los tratamientos en cada año.**

Años	Tratamientos	N° de hojas en trasplante	E.E.	N° de hojas en flor abierta	E.E.
2015	T1	4,59 a	0,21	54,74 a	0,74
	T2	3,93 b	0,19	42,81 c	0,46
	T3	3,78 b	0,18	46,00 b	1,18
2016	T1	3,19 c	0,19	34,11 a	1,64
	T2	7,52 a	0,31	19,19 b	1,55
	T3	6,23 b	0,32	16,74 b	0,93
2017	T1	2,52 b	0,14	51,07 a	5,32
	T2	3,22 a	0,14	42,52 a	4,33
	T3	4,41 a	0,1	27,67 b	2,33

La aparición de los primeros pimpollos florales en el primer año de estudio ocurrió entre los 23 y 49 DDT. En el segundo año, el inicio de esta fase fue entre 25 y los 60 DDT. En el último año de evaluación, la aparición de los pimpollos y flor abierta se retrasó con respecto a los años anteriores (Tabla 2.4).

La fase de cuaje del fruto en 2015 ocurrió primero en T2, seguido de T3 y T1 (Tabla 2.4). En el siguiente año, los días requeridos para esta fase, fueron similares en los tres tratamientos. En el tercer año, T1 presentó frutos cuajados a los 86 DDT, mientras que T2 y T3 lo hicieron 12 (88 a 100) y 30 (82 a 112) días después, respectivamente. El T2 en el primer

año de evaluación fue el que tuvo una fase vegetativa (desde el trasplante a campo hasta la aparición del pimpollo floral) más corta. En los siguientes años el T1 presentó menor números de días en esta fase.

En el primer año de evaluación, considerando la etapa desde el trasplante a fruto maduro, T2 fue el más precoz, seguido de T1 a los 114 DDT y T3 a los 133 DDT. En 2016, T1 y T3 tuvieron prácticamente el mismo requerimiento de días (124 y 126), mientras que en T2 la etapa se cumplió en 142 días. En 2017, T2 también fue el menos precoz (144), siendo T3 el más precoz con 133 DDT, seguido de T1 con 139 días.

Sin embargo, la tendencia en los últimos dos años con respecto a la duración del ciclo del cultivo en DDT, muestra que T1, es el que presenta ciclos productivos más largos, seguido por T2 y T3 (Tabla 2.4).

El tiempo térmico (TT) fue diferente para cada tratamiento en cada fase en todo el experimento (Tabla 2.4). En 2015, para el inicio de la fase pimpollo fueron necesarios entre 156 y 322°d siendo menor en T2 que en T1 y T3. En 2016, el TT fue menor en T1 y T3, y mayor en T2 con respecto al año anterior. En el 2017, el TT para esta etapa fue mayor que los años anteriores (Tabla 2.4). En la fase de flor abierta, se observó que T3 fue el que requirió mayor TT en primer y tercer año de observación.

En el primer año, el cuaje del fruto en T3 fue el que menos grados días acumuló, sin embargo en el tercer año T3 fue el que tuvo mayor requerimiento. Para llegar a fruto maduro, los tratamientos tuvieron necesidades similares en 2015: 520 a 598°d; en 2016 y 2017, T1 y T2 requirieron mayor cantidad de grados días que T3. Se observa también en la fase último

fruto maduro, que la fecha de plantación más tempranas tuvo un ciclo más largo presentando mayores sumas térmicas.

El año 2017 fue el que mayores temperaturas máximas tuvo en la etapa de producción del cultivo (octubre-diciembre). Las temperaturas mínimas fueron similares para los tres años en el ciclo de producción. En los meses de invierno, principalmente junio y julio, las temperaturas registradas no fueron adecuadas para el normal crecimiento de la planta (Fig. 2.4).

En cuanto a las fechas de inicio de cosecha (fruto maduro), en la fecha de calendario, T1 fue más precoz, salvo en el primer año, en donde no hubo diferencia con T2. La primera cosecha fue registrada el 9/10 para T1 y T2 y el 29/10 para T3. En el 2016, T1 llegó a esta fase el 6/10, adelantándose seis días a T2 y T3. En 2017, T1 adelantó su inicio de producción con respecto a los años anteriores, teniendo fruta madura el 18 de septiembre, es decir, 25 y 35 días antes que T2 y T3, respectivamente.

**Tabla 2. 4. Fecha de ocurrencia de cada fase fenológica (DM), días desde trasplante (DDT), días transcurridos desde la fase fenológica anterior (DDFA) y tiempo térmico (TT) de cada fase fenológica en plantas de uchuva (Famaillá, Tucumán).**

Año	Trat	Pimpollo				Flor Abierta				Cuaje				Fruto maduro				Última cosecha			
		DM	DDT (días)	DDFA (días)	TT (°días)	DM	DDT (días)	DDFA (días)	TT (°días)	DM	DDT (días)	DDFA (días)	TT (°días)	DM	DDT (días)	DDFA (días)	TT (°días)	DM	DDT (días)	DDFA (días)	TT (°días)
2015	T1	01/07	44	44	374	13/08	77	43	207	21/08	95	18	143	09/10	114	19	551	10/12	206	92	891
	T2	01/07	23	23	156	03/08	56	33	207	24/08	77	21	174	09/10	93	16	520	10/12	185	92	891
	T3	06/08	49	49	322	02/09	76	27	258	07/09	81	5	54	29/10	133	52	598	10/12	205	42	643
2016	T1	30/05	25	25	181	22/07	78	53	251	01/08	88	10	66	06/09	124	36	697	15/12	224	100	1063
	T2	22/07	60	60	292	01/08	70	10	66	19/08	88	18	185	12/10	142	54	594	15/12	206	64	982
	T3	04/08	57	57	292	19/08	72	15	160	29/08	82	10	87	12/10	126	44	507	15/12	190	64	981
2017	T1	30/06	59	59	463	12/07	71	12	88	27/07	86	15	91	18/09	139	53	508	18/12	230	91	1445
	T2	15/08	85	85	604	23/08	93	8	70	30/08	100	7	83	13/10	144	44	498	18/12	210	66	1129
	T3	30/08	79	79	622	18/09	98	19	182	02/10	112	14	175	23/10	133	21	290	18/12	189	56	980

**Tabla 2. 5. Fotoperíodo al que estuvo expuesto el cultivo de uchuva en distintos momentos de su ciclo (Famaillá, Tucumán).**

							Fase fenológica									
Año	Trat	Siembra	2HV <sup>2</sup>		Trasplante		Pimpollo		Flor Abierta		Cuaje		Fruto maduro		Última cosecha	
		DM <sup>1</sup>	DM	FP <sup>3</sup>	DM	FP	DM	FP	DM	FP	DM	FP	DM	FP	DM	FP
2015	T1	29/01	23/02	12:4	18/05	10:44	01/07	10:28	13/08	11:07	21/08	11:37	09/10	12:32	10/12	13:47
	T2	26/02	26/03	11:58	08/06	10:29	01/07	10:28	03/08	10:54	24/08	11:21	09/10	12:32	10/12	13:47
	T3	10/03	29/04	11:7	18/06	10:27	06/08	10:58	02/09	11:35	07/09	11:42	29/10	13:03	10/12	13:47
2016	T1	11/02	07/03	12:27	05/05	11:59	30/05	10:34	22/07	10:42	01/08	10:52	06/09	11:42	15/12	13:48
	T2	01/03	28/03	11:54	23/05	10:39	22/07	10:42	01/08	10:52	19/08	11:15	12/10	12:38	15/12	13:48
	T3	31/03	29/04	11:06	08/06	10:2	04/08	10:56	19/08	11:15	29/08	11:30	12/10	12:38	15/12	13:45
2017	T1	13/02	10/03	12:23	02/05	11:03	30/06	10:28	12/07	10:34	27/07	10:47	18/09	12:00	18/12	13:49
	T2	10/03	07/04	11:39	22/05	10:41	15/08	11:10	23/08	11:21	30/08	11:31	13/10	12:39	18/12	13:49
	T3	03/04	03/05	11:02	12/06	10:28	30/08	11:31	18/09	12:00	02/10	12:22	23/10	12:55	18/12	13:49

DM<sup>1</sup>: día/mes; 2HV<sup>2</sup>: 2 hojas verdaderas; FP<sup>3</sup>: fotoperíodo expresado en horas: min.



En base a los resultados obtenidos para el mejor tratamiento (T1), se elaboró un calendario de etapas del cultivo (Fig. 2.5). Para una fecha de trasplante en mayo, el cultivo tendrá dos meses de fase vegetativa, y el comienzo de la etapa reproductiva se dará en el mes de julio con los primeros pimpollos. La fructificación comenzará en septiembre y se extenderá hasta fines de diciembre.

Etapa	Mes							
	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>Trasplante</b>								
<b>Vegetativa</b>								
<b>Floración</b>								
<b>Fructificación</b>								

Fig. 2.5. Calendario fenológico para la primera fecha de trasplante (T1) desde el trasplante a campo hasta el inicio de producción en EEA Famaillá-Tucumán.

De la misma manera, se elaboró un esquema cronotérmico de las fases fenológicas para T1, que fue el que mejor se adaptó a las características agroclimáticas de Tucumán (Famaillá), mostrando los grados días necesarios para el inicio de cada fase fenológica, observándose que las fases de flor abierta y cuaje son las que menor tiempo térmico requirieron (Fig. 2.6).

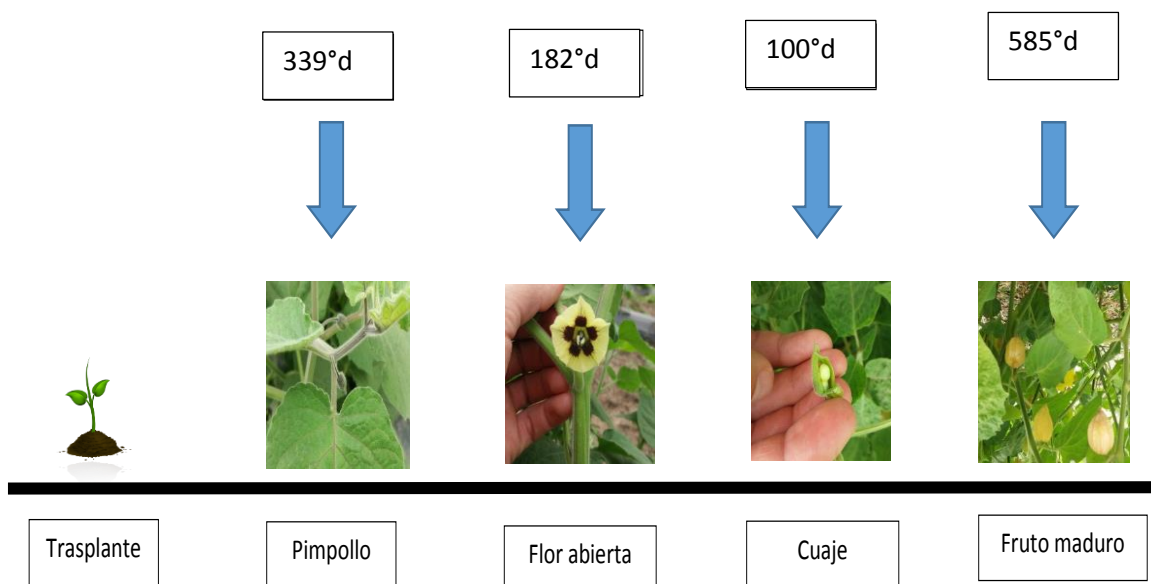


Fig. 2.6. Tiempo térmico y fenología de *Physalis peruviana*. Cantidad de grados días (°d) acumulados hasta la ocurrencia de cada fase fenológica, tomando como modelo la primera fecha de trasplante (T1, promedio de los 3 años), en EEA Famaillá-Tucumán.

## Discusión

Se considera que las semillas eran de buena calidad ya que el porcentaje de germinación obtenido a los 25 días después de la siembra (DDS) fue alto, similar al reportado en Perú (Willyam 2013) y en Honduras (Sánchez 2002) a los 22 DDS, indicando la buena condición de la semilla.

Con respecto al número de hojas por planta, en México registraron entre 54 y 67 hojas a los 64 DDT, en un ensayo en invernadero con condiciones controladas y fertirriego (Aguilar et al. 2006). En Brasil, Rodrigues et al. (2013) reportaron 4 hojas en los primeros 27 DDT y 109 hojas a los 72 DDT, con temperaturas adecuadas para el desarrollo de este órgano. Por otro lado Sánchez (2002), reportó entre 350 y 400 hojas por planta a los 180 DDS, con una temperatura promedio de 24,2°C a 800 msnm en Honduras. En Tucumán, registramos entre 16 y 54 hojas por planta, en promedio, entre los 56 y 98 DDT, con temperaturas mínimas y máximas promedio en los tres años de 6°C y 22°C, respectivamente, en los meses de

evaluación (mayo a septiembre), lo cual coincide con lo reportado por Aguilar et al. (2006), pero son menores a los de otros estudios (Sánchez 2002; Rodrigues et al. 2013). Esta diferencia en términos de número de hojas se debe a que las temperaturas afectan el desarrollo de la planta y por consiguiente el número de hojas (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural 2002).

El T1 fue el que mayor número de hojas por planta hasta primera flor abierta tuvo en los tres años de evaluación, y el que más se acercó a los valores obtenidos por Aguilar et al. (2006) ya mencionados, lo cual indicaría que trasplantando en fechas tempranas, la planta llega a la fase de flor abierta antes (primeras semanas de julio) que en fechas de trasplante más tardías (entre agosto y septiembre), adelantando sus fases fenológicas y la producción temprana de fruta, ya que el número de hojas y la productividad están estrechamente relacionados, pues de cada axila de la hoja nace una flor. Por lo tanto, a mayor número de hojas, mayor número de flores y de frutos (Fig. 3.2, Capítulo3) (Fischer et al. 2014). Esto tiene un impacto visible en el rendimiento, ya que T1 fue el que más rendimiento total y comercial obtuvo en esta investigación, como se muestra en el siguiente capítulo.

El momento de inicio de las fases pimpollos florales, flor abierta, cuaje y fruto maduro en T1 en el presente trabajo: 43, 75, 89 y 126 DDT, respectivamente, fue similar a lo obtenido por Aguilar et al. (2006), salvo en el cuaje, reportaron 42 DDT para el inicio de floración (pimpollo), 52 DDT para el inicio del cuaje del fruto y 146 DDT para primera cosecha o fruto maduro. De igual manera coinciden con Almeida (2017), quien reportó que la floración (flor abierta) ocurrió a los 68 DDT y el inicio de cosecha a los 122 DDT. Sin embargo, nuestros resultados discrepan con los obtenidos por Sánchez (2002; Honduras) y Willyam (2013; Perú), quienes indican que la aparición de los pimpollos florales y flor abierta ocurrieron

entre 19 y 25 y 27 y 35 DDT, respectivamente. Las plantas trasplantadas en fechas intermedias (T2) y tardías (T3), necesitan más días que los antes mencionados para llegar a las fases de pimpollo, flor abierta y fruto maduro, y esto podría deberse a que las plantas están expuestas a diferentes temperaturas y fotoperíodos, lo que hace que se alarguen las fases (Otegui y López 2010).

El TT obtenido en esta investigación presenta variabilidad entre los años evaluados y entre los tratamientos, dificultando su discusión, debido a que no hay concordancia con los demás reportes encontrados, con respecto a la acumulación de grados días durante el desarrollo de las fases fenológicas. Sin embargo, se observa que la sumatoria total del TT (desde el trasplante hasta la última cosecha) fue mayor en los 3 años en el T1 al final del ciclo (última cosecha), y se relaciona con la duración total del ciclo del cultivo en días. Comportamientos similares obtuvieron López Sabino et al. (2016) para un ensayo realizado en invernadero en Montecillo (México), al finalizar el ciclo del cultivo, registrando mayor suma térmica para la fecha temprana (2891.8°d) que para la tardía (2436.1°d). Los datos reportados por estos autores están condicionados por el método utilizado para la estimación de los grados días, así como por la zona de cultivo y tecnología de producción (Panayotov y Popova, 2014).

Por otro lado, Betemps et al. (2014) registraron en su experimento realizado en Capão do Leão (Brasil) en siembras tempranas (04/09) e intermedias (26/11) 1412 y 1107°d respectivamente, para el inicio de la cosecha. Obteniendo en las fechas tempranas plantas con mayor desarrollo y producción que las intermedias. Estos resultados son similares a los obtenidos en esta investigación en T1 y T2 respectivamente, considerando el promedio de los tres años para igual fase fenológica (fruto maduro).

Se observó en Famaillá, que la fecha tardía de trasplante tuvo una duración en °d mayor que la fecha temprana en las primeras fases de desarrollo (pimpollo, flor abierta y cuaje), mientras que presentó menor requerimiento de TT en la etapa de cosecha (desde fruto maduro hasta última cosecha).

Cuando las fechas de plantación se retrasan, el ciclo de crecimiento se enfrenta a fotoperíodos que van en aumento acompañado de mayores temperaturas, lo cual va en detrimento de la floración debido a que la uchuva es una planta de día corto (Heinze y Midash 1991; Hansen y Sunding 1993) y es afectada por temperaturas extremas (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural 2002). Al ser la uchuva un cultivo muy plástico en cuanto a sus requerimientos ambientales, principalmente temperatura (Aguilar et al. 2006), este se adapta a diversos ambientes acortando o alargando su ciclo (Chia et al. 1997), pudiendo llegar a la fase reproductiva en pocos días cuando las condiciones son favorables, como ocurre en Trujillo (Perú), en donde llega a cosecha a los 87 DDT (Willyam 2013). Este acortamiento de las fases en Perú puede deberse al fotoperíodo que experimenta la planta, sin embargo no hay documentado trabajos recientes sobre la influencia del fotoperíodo en el rendimiento.

Famaillá presenta una gran amplitud térmica durante el otoño e invierno, con temperaturas extremas, que no favorecen el correcto desarrollo de la planta, acortando su ciclo productivo (desde fruto maduro a última cosecha) por el alargamiento de los días en diciembre y aumento de la temperatura, probablemente la interacción entre la temperatura y el fotoperíodo podrían limitar la productividad potencial de la misma.

En cuanto a la fecha calendario, T1 resultó ser el más precoz en producir, adelantándose hasta 35 días con respecto a la fecha más tardía (T3). Esto podría deberse a que las condiciones térmicas de mayo y junio son más favorables para el crecimiento y el

desarrollo temprano de la planta, que las fechas de trasplante posteriores, ya que en T1 los pimpollos fueron registrados en el mes de julio en los años evaluados. Al retrasar el trasplante, T2 y T3 retrasaron su entrada en producción, y además las temperaturas de octubre, noviembre y diciembre superaron muchas veces los 35°C, afectando la floración y fructificación (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural 2002).

### **Conclusiones**

*Physalis peruviana* en Tucumán tiene requerimientos en días similares a otras regiones donde se cultiva esta especie, lo que alienta la idea de estimular su producción en esta provincia. La fecha más temprana de trasplante a campo fue la que cumplió las fases fenológicas de una manera similar a otras regiones productoras de uchuva, adelantando en fecha calendario las etapas fenológicas.

### Capítulo 3

#### **Evaluar la asociación de la temperatura y el fotoperíodo con el rendimiento de *Physalis peruviana* L.**

##### **Introducción**

En cultivos como trigo, maíz, girasol y soja, los principales factores ambientales que modifican el desarrollo de los mismos son la temperatura, el fotoperíodo y la vernalización (Miralles et al. 2010). Lo mismo ocurre en frutilla y arándano, donde el fotoperíodo y la temperatura tienen un rol significativo en la inducción floral (Hall et al. 1963; Darnell et al. 2003). La uchuva (*Physalis peruviana* L.) responde a alguno de estos factores (Panayotov y Tsorlianis 2002; Salazar et al. 2006), pudiendo esto alterar la duración de alguna de las etapas de su ciclo.

La uchuva es una planta de clima frío, que se adapta a diferentes condiciones agroecológicas, influenciada por los factores ambientales en la zona que se cultiva (Fischer y Melgarejo 2014; López 2017), lo cual puede determinar que la planta se comporte como perenne o anual (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural 2002; Aguilar et al. 2006; Moura et al. 2016), pudiendo llegar a durar hasta 6 años en condiciones óptimas (López 1978).

Uno de los factores más importantes para el cultivo de uchuva es la temperatura (Panayotov y Tsorlianis 2002; Salazar et al. 2006). La temperatura óptima está entre 13 y 16°C para su desarrollo y producción (Ali y Singh 2014; Fischer et al. 2014), mientras las superiores a 35°C dañan la floración y fructificación. Las temperaturas nocturnas inferiores a 10°C perjudican el crecimiento (Wolff 1991; Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural 2002). En Colombia, Fischer et al. (2000) observaron que la uchuva rebrotó formando nuevos

retoños basales después de una helada de  $-6^{\circ}\text{C}$  durante 2 h. Heladas más severas pueden matar a la planta (Mazumdar 1979).

Otro factor importante para el desarrollo de la uchuva es el fotoperíodo. Diversos estudios demostraron que es una planta de días cortos cuantitativa, ya que fotoperíodos de 8 h inducen una floración más intensa cuando se compara con fotoperíodos de 16 h, pero la planta no deja de florecer con fotoperíodos largos si las temperaturas son permisivas (Heinze y Midash 1991; Hansen y Sunding 1993). La cantidad y calidad de luz que recibe el cultivo son importantes, fundamentalmente en lo que concierne a la fotosíntesis del cáliz y de las hojas cercanas al fruto, ya que esto repercute directamente en el llenado y calidad del mismo (Fischer y Miranda 2012).

En función al efecto de las variables ambientales descriptas, en el crecimiento y desarrollo de la uchuva, se puede esperar que la fecha de trasplante condicione el rendimiento, tal como lo sugieren estudios previos en los cuales los rendimientos disminuyeron en la medida que la fecha de trasplante se retrasó (López et al. 2018). Las condiciones climáticas tienen un efecto directo sobre la expresión del genotipo, es por ello que brindarle un mejor ambiente al cultivo mediante una fecha correcta de siembra/trasplante, se reflejará en mayores rindes (Fischer et al. 2009). En este marco conceptual y ante la hipótesis de que el ambiente fototermal explorado por el cultivo depende de la fecha de trasplante y esto condiciona el rendimiento, el objetivo de este capítulo fue evaluar el rendimiento de la uchuva en diferentes fechas de trasplante, analizando la asociación de la temperatura, el fotoperíodo y la radiación (media y acumulada) sobre la productividad del cultivo.



## **Materiales y métodos**

Lugar donde se desarrolló la investigación, diseño estadístico, datos de siembra, plantación y conducción: Ídem al capítulo 2.

Los datos de rendimiento, fueron registrados en cada cosecha durante todo el ciclo productivo (desde fruto maduro hasta última cosecha tabla 2.4), separando la fruta obtenida en comercial (fruta sana, sin ningún daño) y descarte (por daños de origen biótico o abiótico). La fruta de cada parcela (tres parcelas por cada tratamiento, compuestas por 9 plantas cada una) fue pesada en balanza digital.

Los datos se sometieron a análisis de la varianza. Las variables analizadas fueron rendimiento comercial (RC), rendimiento descarte (RD) y rendimiento total (RC+RD). Se usó un test de comparación de medias DGC con una confianza del 95 %, mediante el programa estadístico Infostat. De los resultados obtenidos en el análisis, se calculó manualmente el porcentaje que explica cada fuente de variación (tratamiento, año, tratamiento x año) a partir de la suma de cuadrados. Para visualizar como fue el desempeño de la producción del cultivo según cada tratamiento a lo largo de su ciclo productivo durante los años evaluados, se realizaron curvas del rendimiento acumulado en toneladas por hectárea (t/ha) con respecto al tiempo expresado en días julianos. Esto permitió observar cómo fue tasa de producción de fruta de cada tratamiento y la duración de la misma. Asimismo, se corroboró la tasa de producción de fruta mediante estimación a partir de regresiones lineales ( $Y = a + b * x$ ) ajustadas para el rendimiento en función del tiempo. Donde Y es el rendimiento, a es el intercepto cuando  $x = 0$  y b es la tasa de incremento del rendimiento para el intervalo de duración de esa tasa. La duración de la tasa máxima de fue cuantificada mediante modelos logísticos con Table Curve Software (Jandel, 1991) ajustados para el

rendimiento en función del tiempo. Estos datos se utilizaron después para realizar un análisis multivariado de componentes principales.

El análisis multivariado de componentes principales, se lo realizó utilizando el programa estadístico Infostat con datos promedios de los tres años de estudio, usando como variables las temperaturas máximas, medias y mínimas, fotoperíodo, radiación media (a partir de la temperatura y la radiación se calculó la radiación acumulada y el coeficiente fotothermal  $q = \text{radiación media} / \text{temperatura media}$  (Fisher 1985), rendimiento total, tasa de producción de fruta y duración de la misma, para los tres tratamientos, buscando de esta manera determinar cómo interactuaron estas variables en el cultivo durante el ciclo productivo. La relación entre variables se evaluó con el ángulo entre los vectores, siendo positiva cuando el ángulo fue menor a  $90^\circ$ , nula cuando el ángulo fue de  $90^\circ$  y negativa cuando el ángulo fue mayor a  $90^\circ$ .

Para determinar la asociación de las variables climáticas (temperatura máxima, mínima y media, fotoperíodo, y radiación media y acumulada) con el rendimiento, durante el ciclo productivo, se recurrió a información agrometeorológica proporcionada por la Sección Agrometeorología de INTA Famaillá. Se analizó la asociación del coeficiente fotothermal con el rendimiento ya que un alto cociente fotothermal en el período crítico de algunos cultivos permite explicar el rendimiento en determinados ambientes (Otegui y Lopez 2010).

## **Resultados**

Rendimiento total y comercial. No se encontró interacción entre los tratamientos y los años, por lo que los valores de rendimiento obtenidos no dependieron de un año en particular, siguiendo una tendencia de producción relacionada a la fecha de trasplante (Tabla

3.1). El T1 fue significativamente mayor que T2 y T3, siendo T3 el de menor media. En 2017 se obtuvieron los menores valores de rendimiento, coincidente con mayores temperaturas máximas registradas durante el ciclo productivo en este año (Fig. 2.4), condición restrictiva para la producción de flores de este cultivo, mientras que los mayores valores se registraron en los primeros años.

**Tabla 3. 1. Medias y error estándar (E.E.) obtenidos mediante test estadístico DGC, Cuadrado Medio del Error (ECM) y valor de P, para los tratamientos fechas de siembra/trasplante (T1, T2, T3), años (2015, 2016, 2017) e interacción Tratamiento x Año, para las variables rendimiento total (R total), comercial (R comercial) y descarte expresados en toneladas (t). Letras diferentes significan diferencias significativas para  $p \leq 0,05$ .**

Fuente de variación	R total (t)	E.E.	R comercial (t)	E.E.	Descarte (t)	E.E.
T1	3,50 a	± 0,11	3,42 a	± 0,11	0,08	± 0,018
T2	2,07 b	± 0,11	1,99b	± 0,11	0,07	± 0,018
T3	1,65 c	± 0,12	1,53c	± 0,11	0,11	± 0,019
ECM	12245587,12		12516630,00		4764,00	
P	p<0,0001		p<0,0001		p=0,371	
2015	2,49 a	± 0,10	2,39a	± 0,09	0,09	± 0,016
2016	2,76 a	± 0,12	2,65a	± 0,11	0,11	± 0,019
2017	1,97 b	± 0,12	1,90b	± 0,12	0,06	± 0,020
ECM	1849244,77		1625306,89		7586,60	
P	p=0,0004		p=0,0005		p=0,212	
T1 2015	3,49	± 0,17	3,33	± 0,16	0,10	± 0,027
T1 2016	3,84	± 0,21	3,74	± 0,20	0,10	± 0,034
T1 2017	3,17	± 0,21	3,12	± 0,20	0,04	± 0,034
T2 2015	2,12	± 0,17	2,08	± 0,16	0,03	± 0,027
T2 2016	2,67	± 0,21	2,54	± 0,20	0,10	± 0,034
T2 2017	1,42	± 0,21	1,35	± 0,20	0,07	± 0,034
T3 2015	1,85	± 0,17	1,71	± 0,16	0,13	± 0,027
T3 2016	1,78	± 0,21	1,65	± 0,20	0,12	± 0,034
T3 2017	1,32	± 0,24	1,24	± 0,23	0,08	± 0,039
ECM	211364,43		200548,99		4869,26	
P	0,347		0,337		0,400	

El efecto “tratamiento” explicó aproximadamente el 85 % y el efecto “año” el 12% del modelo estadístico, siendo estos significativos (rendimiento total y comercial). El efecto de la interacción tratamiento x año sólo explica el 3% del rendimiento (Tabla 3.2).

Descarte. El descarte de fruta se debió principalmente al ataque de plagas (Capítulo5) y no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ni hubo interacción entre tratamientos y años.

**Tabla 3. 2. Suma de cuadrados (SC) del ANOVA y porcentaje de explicación de las variables independientes tratamiento (fechas de siembra/trasplante), año y tratamiento x año, para las variables dependientes rendimiento total (SC R total), rendimiento comercial (SC R comercial) y descarte (SC Descarte) en toneladas. \* Significativo para  $p \leq 0,05$ . ns: no significativo.**

Fuente de variación	SC (R total)	SC (R comercial)	SC (Descarte)
Tratamiento	24491174,24 (84,35 %) *	25033260,00 (86,07 %) *	9527,99 (21,57 %) ns
Año	3698489,54 (12,74 %) *	3250613,78 (11,18 %)*	15173,21 (34,35 %) ns
Tratamiento x Año	845457,74 (2,91 %) ns	802195,96 (2,76 %) ns	19477,04 (44,09%) ns

Las plantas de la primera fecha de siembra/trasplante (T1) fueron las que arrojaron mayores valores de rendimiento, mostrando claramente una tasa de productividad y duración de la misma superior a la de las plantas de la segunda y tercera fechas de siembra/trasplante (T2 y T3). Las curvas de rendimiento acumulado tendieron a ser de tipo sigmoide, donde al principio la tasa de producción es baja, luego aumenta y finalmente alcanza un máximo y forma un plateau. En el primer y segundo año se observa una clara diferencia entre las curvas producción de cada tratamiento, con un mismo comportamiento. En el tercer año, hay una notable diferencia entre T1 con respecto al T2 y T3 (Fig. 3.1).

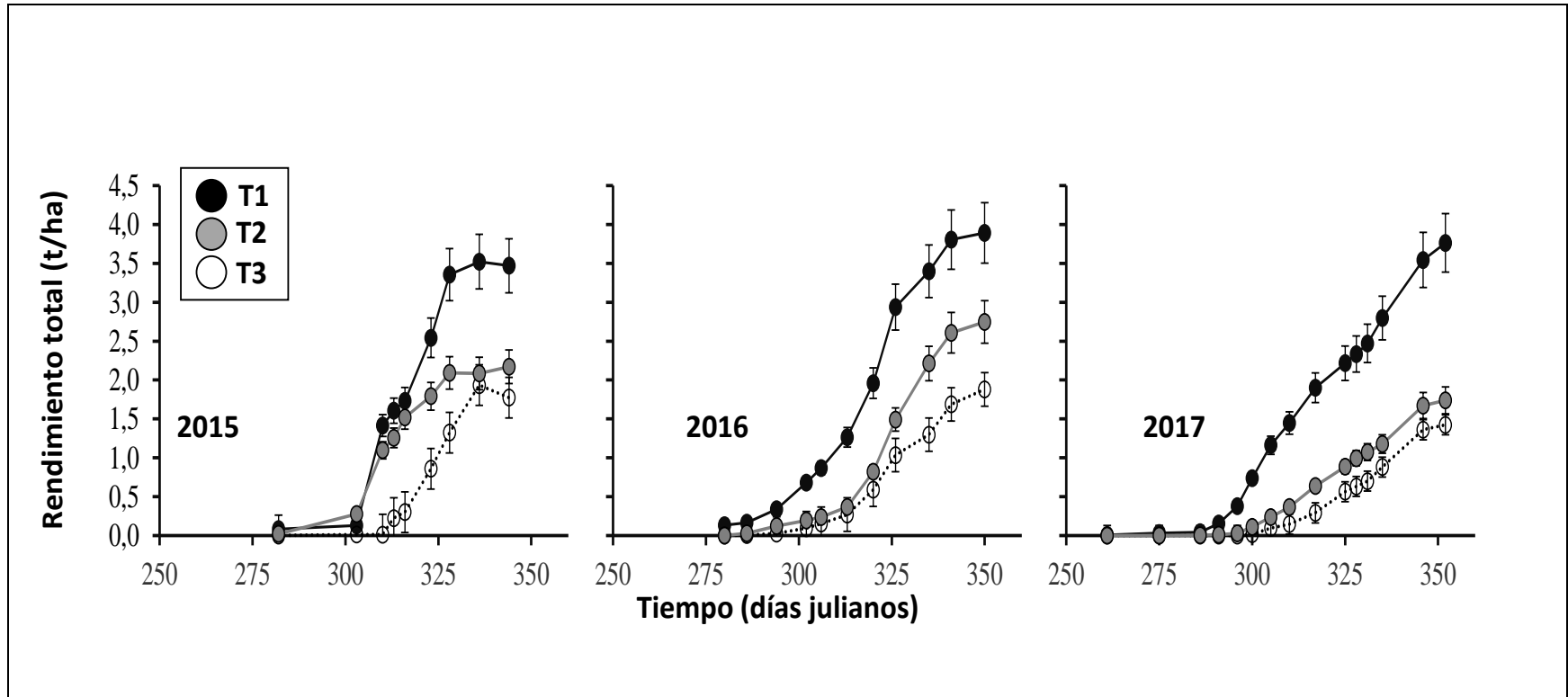


Fig. 3. 1. Rendimiento total (t/ha) (rendimiento comercial + descarte) acumulado de tres fechas de siembra/trasplante (T1, T2, T3), en tres ciclos productivos anuales de uchuva (2015, 2016 y 2017), en Famaillá (Tucumán).

El rendimiento total acumulado por el análisis de la Fig. 3.2 estaría relacionado con el número de hojas registradas en el momento de flor abierta. Esto provee a la planta de una mayor área fotosintética que le permitiría generar mayor cantidad de reservas para los futuros destinos (frutos).

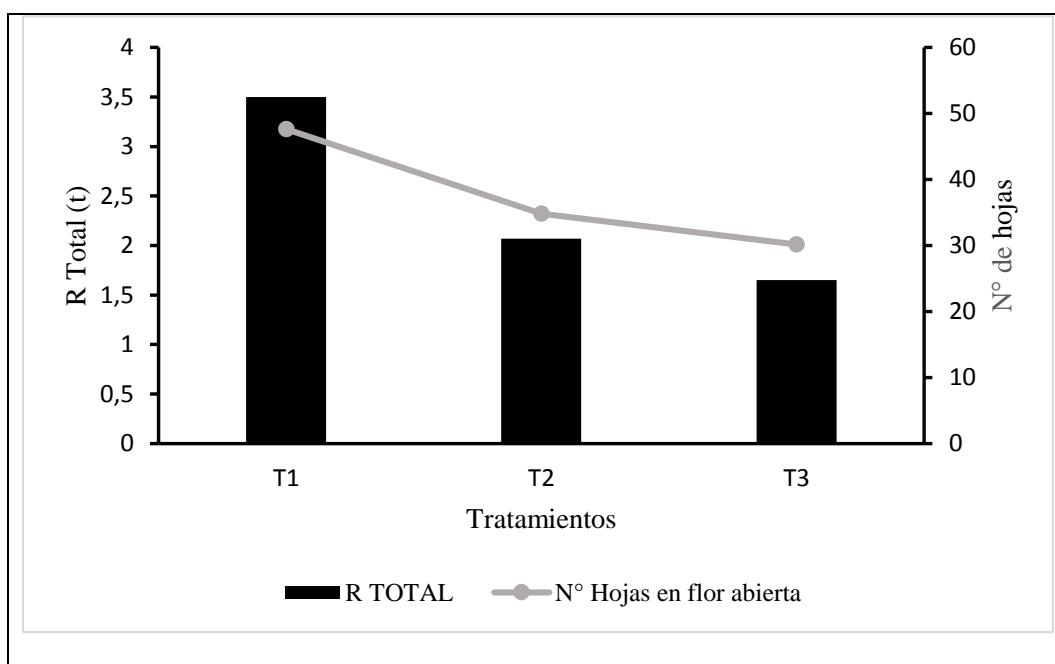


Fig. 3. 2. Promedio del rendimiento total acumulado (t/ha) y del número de hojas registradas en la fase fenológica de flor abierta de *Physalis peruviana*, en los 3 años de evaluación (2015, 2016 y 2017) para los tratamientos (T1, T2 y T3). Famaillá, Tucumán.

A partir de los datos brindados por la sección de agrometeorología de INTA Famaillá, y los calculados a partir de estos (detallados en materiales y métodos) las variables climáticas observadas durante el ciclo productivo para cada tratamiento en los tres años de evaluación, mostraron que el T1 en promedio tuvo los menores valores de fotoperiodo, temperaturas máximas, medias y mínimas, como así también de radiación media, comparado con los T2 y T3. Sin embargo al tener mayor duración del ciclo productivo (Tabla 2.4), la radiación acumulada fue mayor en T1. La tasa de producción de frutos y su duración también fue mayor

en el T1. Los T2 y T3 tuvieron mayor temperatura y fotoperíodo, menor radiación acumulada (por tener ciclos productivos más cortos) (Tabla 2.4) y menor duración y tasa de producción de frutos. Así también tuvieron los valores más bajos de coeficiente fototermal en comparación con el T1. A partir de esto, se realizó un análisis de componentes principales, cuyos resultados se muestran en la Fig. 3.3. El componente principal 1 (CP1) explica el 91,5 % de la variabilidad de los datos en el eje x, y el componente principal 2 (CP2) explica el 8,5 % de la variabilidad de los datos en el eje y, por lo cual se describen los resultados a partir del CP1. En el mismo se ordenan los tres tratamientos con respecto a las variables evaluadas, ubicándose T1 a la izquierda, mientras que T2 y T3 a la derecha del CP1. Según este análisis, se observa que a T1 corresponde mayor rendimiento total relacionado positivamente con el coeficiente fototermal, la duración y tasa de producción de frutos, y con la radiación acumulada en el periodo productivo. A su vez a T3 corresponden las mayores temperaturas máximas, media y mínima, el fotoperíodo y la radiación media. El T2 se posiciona en el análisis cerca del T3, teniendo ambos tratamientos los rendimientos más bajos.

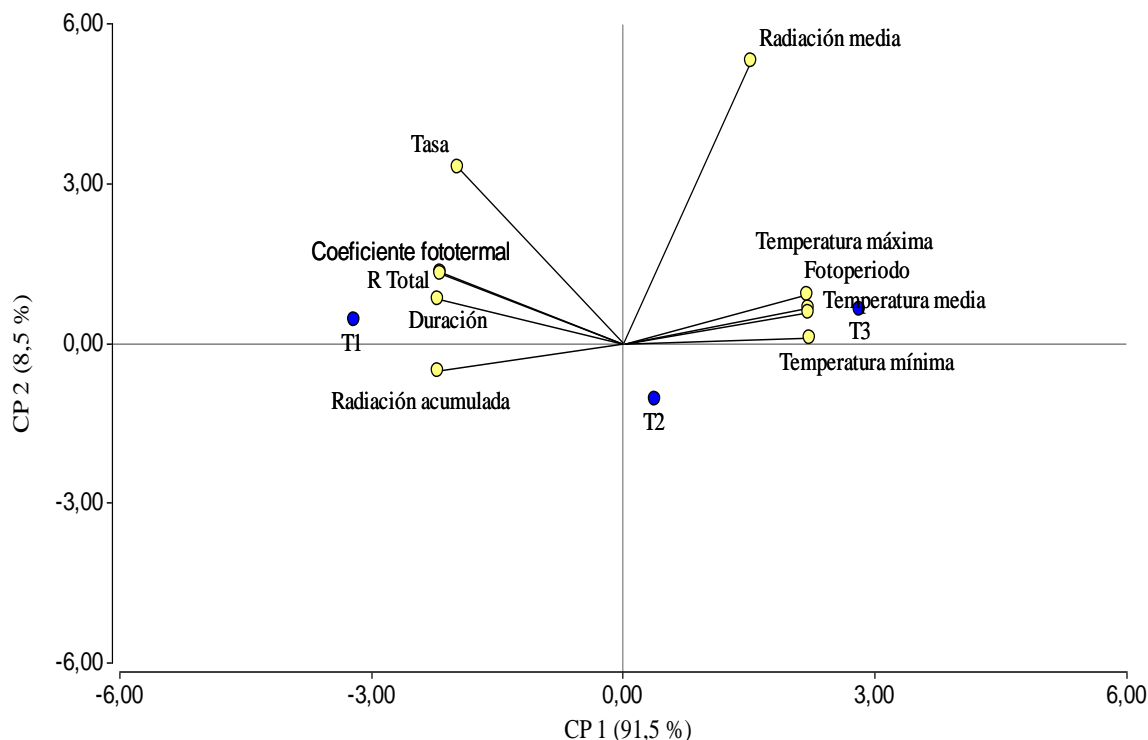


Fig. 3.3. Grafico Biplot del análisis de componentes principales para tres años de evaluación (2015, 2016 y 2017), analizando tratamientos (T1, T2 y T3) en función del rendimiento total (R total), la tasa máxima de producción de fruta (tasa), la duración de esta tasa en días (duración) y las variables climáticas (radiación acumulada, radiación media, fotoperíodo, temperaturas máxima, media y mínima, y coeficiente fotothermal).

El rendimiento total, la duración de la máxima tasa de producción de fruta y la radiación acumulada estuvieron asociados negativamente con las mayores temperaturas máximas, mínimas y media, y con el fotoperíodo más largo (Fig. 3.3).

### Discusión

Los rendimientos totales obtenidos en esta investigación variaron entre 1,65 y 3,5 t/ha (T3 y T1 respectivamente), mayores a los obtenidos por Willyam (2013) en Perú, quien reportó un rendimiento de 1,2 t/ha, con un ciclo productivo aproximado de 120 días, mucho más corto que el de Tucumán. Sin embargo, en Colombia, donde el ciclo productivo dura entre 7 y 12 meses, se informan rendimientos entre 9,8 y 14,5 t/ha (Fischer et al. 2014; Arias



2017). En Chile, la producción promedio reportada es de 6 t/ha, con un ciclo productivo que va de enero a marzo (100 días aproximadamente), que no puede extenderse más debido a la ocurrencia de fuertes heladas (Fischer et al. 2014). En Brasil, Moura et al. (2016) obtuvieron rendimientos similares (5,97 t/ha) a los chilenos. Notablemente, todos estos valores de rendimiento son mayores a los obtenidos en esta tesis, excepto el de Perú, posiblemente debido a la diferencia de duración del ciclo productivo, a las condiciones climáticas particulares que las plantas exploran en Tucumán, al hecho de no haberse aplicado ningún fertilizante en los ensayos de esta tesis y al material genético utilizado (Criollo et al. 2014).

La diferencia de rendimiento entre tratamientos en cada año estuvo influenciada por la máxima tasa de producción (TP) de fruta, ya que la fecha más temprana de trasplante tuvo una TP mayor que las otras fechas (Fig. 3.1), y también una mayor duración de la TP, que habría permitido acumular más radiación en este periodo, lo que se transformaría en mayor fuente para los futuros destinos (frutos). Los datos obtenidos están en sintonía con Heuvelink (1996), quien reportó que las tasas máximas de partición de materia seca de la planta de tomate eran más bajas en las fechas de trasplante tardías con respecto a las tempranas. Las plantas del T1 a su vez tuvieron mayor cantidad de hojas al momento de llegar a flor abierta (Capítulo 2), lo que se traduciría en una mayor área foliar (D'Angelo et al. 2017) y mayor área para la captura de radiación, acumulando más fotosintatos, con impacto directo en el rendimiento. Estas plantas al tener mayor número de hojas, tendrían una tasa de asimilación neta de materia seca mayor a las plantas de T2 y T3 de menores hojas al momento de flor abierta. Resultados similares obtuvieron Lopez- Sandoval et al. (2018) quienes reportan que plantas con mayor biomasa, tuvieron mayor tasa de asimilación neta de materia seca, por la captación de mayor radiación por el cultivo y fueron las que obtuvieron mayor rendimiento.

El R total estuvo relacionado positivamente con la radiación acumulada, como así también con la tasa de producción de fruta y su duración y el coeficiente fototermal. Los mayores valores de estas variables corresponde al T1 (Fig. 3.3), las cuales podrían explicar (junto con el número de hojas por plantas al momento de flor abierta) las diferencias significativas en rendimiento obtenida en la fecha temprana en comparación a las tardías, debido a que, la radiación interviene en procesos como la diferenciación de primordios florales y floración (Rivera et al. 2008). La variaciones de producción entre las fechas de trasplante, podrían estar condicionadas a ciertas épocas del año según Menzel y Simpson (1994), las plantas sufren cambios en la fructificación por variaciones de las condiciones climáticas como, temperatura, fotoperíodo, radiación y precipitación, siendo muchas veces correlacionados entre si estos factores (Menzel y Simpson, 1994). En este trabajo encontramos estos cambios en la temperatura, la radiación y el fotoperíodo entre los tratamientos en el ciclo productivo. Al T1 le correspondió el mayor coeficiente fototermal, lo cual indicaría que el adelanto de la cosecha, producido por el trasplante temprano, prevería un mejor ambiente para la producción de frutos del cultivo. El T1 habría explorado mejores ambientes fototermales, y en consecuencia obtuvo mayor rendimiento (Otegui y López 2010).

Al ser una planta cuantitativa de día corto, es decir, que se induce reproductivamente con fotoperíodos cortos (Heinze y Midash 1991; Hansen y Sunding 1993), el fotoperíodo más largo estuvo asociado negativamente al rendimiento (Fig. 3.3), esto trajo como consecuencia un atraso de la floración y entrada en producción de las fechas de trasplante más tardías, siendo T3 el más afectado. Del mismo modo, la temperatura tuvo un rol importante en el desarrollo del cultivo, ya que según Fischer et al. (2014) y Ali y Singh (2014) se necesita entre 13 y 16°C para un óptimo desarrollo como así también producción del cultivo,

condiciones que no tuvieron las fechas tardías de trasplante por un retraso en la entrada de producción, evidenciado por bajos rendimientos en comparación con la fecha temprana. El último año de evaluación fue más cálido que los anteriores, y esto tuvo un efecto en los rendimientos (Tabla 3.1), esto nos daría un indicio de que la temperatura podría ser un factor clave para la producción de uchuva en Tucumán. Al extenderse la duración de los días hacia el final del ciclo del cultivo y con ellos el aumento de las temperaturas, el rendimiento decayó cortando la producción en el mes de diciembre. El rendimiento, estuvo fuertemente influenciado por el coeficiente fotothermal, presentando mayores valores de esta variable el T1, en el cual también se registraron mayor radiación y temperaturas propicias para la producción de fruta durante el ciclo productivo.

El bajo rendimiento de T3 se debe a que esas plantas exploraron fotoperíodos y temperaturas mayores al óptimo en su ciclo productivo, poco favorables para este cultivo. El tiempo que duró la máxima tasa de producción fue menor comparado con T1 y T2.

## **Conclusiones**

La fecha de trasplante afectó significativamente al rendimiento del cultivo de uchuva, debido a que sufrió cambios durante el ciclo productivo por variaciones de condiciones climáticas como temperatura, fotoperiodo y radiación. La fecha temprana de siembra/trasplante fue la que obtuvo mayor rendimiento total, asociado a plantas con mayor número de hojas, una mayor tasa de producción y duración de la misma, como así también un ciclo productivo más amplio que le permitió acumular mayor radiación y explorar temperaturas favorables para la producción de flores y frutos, relacionándose positivamente con el coeficiente fotothermal para esta epata.

## Capítulo 4

### Caracterización de la fruta en cuanto a parámetros de calidad y análisis de su comportamiento postcosecha

#### Introducción

Las características de rendimiento y calidad del fruto en uchuva (*Physalis peruviana* L.) son de gran importancia dado que determinan la clase de mercado e influyen la rentabilidad del cultivo (Arias 2017). Este fruto es el segundo en importancia de exportación después del banano en Colombia (Bonilla et al. 2009; Procolombia 2015), principal país exportador del mundo. Su demanda a nivel global creció en los últimos años debido a que el fruto presenta azúcares, altos contenidos de vitaminas A, C y del complejo B, hierro y fósforo (Ligarreto et al. 2005; Fischer et al. 2011; Gastelum 2012; Giraldo et al. 2017), lo que hace de la uchuva un producto interesante para el consumo como fruta exótica.

El ambiente, el genotipo y la nutrición tienen influencia en la calidad de la fruta (Hakala et al. 2003; Nestby et al. 2005). Según el ICONTEC (1999) la Norma Técnica Colombiana NTC 4580, define a los parámetros como, peso (g), diámetro (mm), sólidos solubles totales (°Bx), acidez (% de ácido cítrico), como indicadores de calidad del fruto. De esta manera, el tamaño (peso y diámetro) puede verse afectado por la temperatura durante su desarrollo (Miura et al. 1994), y la deficiencia de algún nutriente (Martínez et al. 2008). La firmeza depende significativamente del genotipo, debido principalmente a características de la pared celular, parénquima y turgencia de las células, siendo algunos genotipos más firmes y resistentes al transporte y la manipulación (Salentijn et al. 2003; Arias 2017).

La calidad de la fruta cambia a medida que transcurren los días una vez cosechada. La acidez titulable tiende a disminuir por utilización de ácidos orgánicos en procesos respiratorios del fruto (Guzmán y Segura 1989).

La firmeza del fruto se reduce por la formación de ácido péctico, ácido pectínico y pectinas, a partir de la protopectina que se encuentra en la laminilla media y en la pared primaria de las paredes celulares que producen gelificación (Calderón 1993). También tienden a disminuir el peso y el diámetro del fruto, debido a la pérdida de turgencia y agua de las células (Lanchero et al. 2007). Por el contrario, los sólidos solubles totales aumentan, ya que la hidrólisis del almidón y la oxidación de ácidos consumidos en la respiración incrementan el contenido de azúcares (Hernández 2001). En algunos frutos como la frutilla, aumentos en la concentración nutritiva por medio del riego incrementan los contenidos de azúcares y ácidos orgánicos (Caruso et al. 2004).

En este contexto, los objetivos de este capítulo fueron **a**-caracterizar los frutos de *P. peruviana* en cuanto a parámetros de calidad tales como peso y diámetro individual, firmeza, sólidos solubles totales y acidez titulable, en el momento de la cosecha para cada tratamiento; y **b**-analizar la variación de estos parámetros durante la postcosecha, específicamente durante su almacenamiento en cámara de frío. La hipótesis planteada es que estas características cambian con la fecha de trasplante a campo.

### **Materiales y métodos**

Lugar donde se desarrolló la investigación, diseño estadístico, datos de siembra, plantación y conducción: Ídem al capítulo 2.

Toma de datos. Para el análisis de los parámetros de calidad, en cada fecha de trasplante se tomaron 10 frutos maduros al azar de cada repetición (9 plantas), en 3 momentos

del ciclo productivo del cultivo: Inicio (Evaluación 1), Mitad (Evaluación 2) y Final (Evaluación 3), considerando como ciclo productivo desde fruto maduro hasta última cosecha. Los frutos se consideraron maduros, según determinación visual cuando el color del cáliz fue verde amarillo (Galvis et al. 2005; Arias 2017). Los parámetros medidos fueron peso individual, diámetro ecuatorial, firmeza, sólidos solubles totales (SST) y acidez titulable.

La medición de la acidez titulable se realizó por titulación potenciométrica con solución 0,1 N de NaOH hasta obtener un pH de 8,1, mediante un pH-metro previamente calibrado (Fig. 4.1). Los resultados se expresaron en gramos de ácido cítrico/100 g de fruta, en porcentaje.

Para determinar el peso individual se usó una balanza digital (Fig. 4.2 A). El diámetro ecuatorial se determinó con calibre Dexter alum de 150 mm. La firmeza, mediante dos punciones en la zona ecuatorial con un penetrómetro Effegi, con una punta cilíndrica de 1 mm de diámetro. El valor de la fuerza medida es la fuerza máxima, expresada en  $\text{g/mm}^2$ , necesaria para producir la fractura de la superficie de la baya.

La determinación de SST se efectuó por el método refractométrico, con un refractómetro termo-compensable Atago. Para ello, se trituró cada muestra y se colocó una gota del jugo resultante en el lector del aparato. Los resultados se expresaron en °Brix.

Para las evaluaciones postcosecha, al igual que para determinar los parámetros de calidad en el momento de la cosecha, se tomaron 10 frutos con cáliz de cada repetición perteneciente a cada tratamiento y se los colocó en cubetas (clamshells) de plástico y se mantuvieron en cámara de frío a 0°C durante 27 días (Fig. 4.2 B). Los parámetros de calidad

arriba descriptos se evaluaron en el momento de la cosecha (tiempo cero), a los 14, 21 y a los 27 días desde su colocación en cámara de frío, para evaluar si se registraron cambios en la calidad de la fruta durante el tiempo de almacenamiento. Este ensayo solo se lo realizó el último año de evaluación.

Los datos fueron analizados mediante el programa estadístico Infostat, y se usaron modelos lineales mixtos, con los años como aleatorios y los tratamientos como fijos.



Fig. 4.1. Medición de acidez titulable mediante un mezclador marca Fbr de 2000 rpm y un peachimetro Sartoriusdocu -ph+ meter, en el laboratorio de INTA Famaillá, Tucumán.

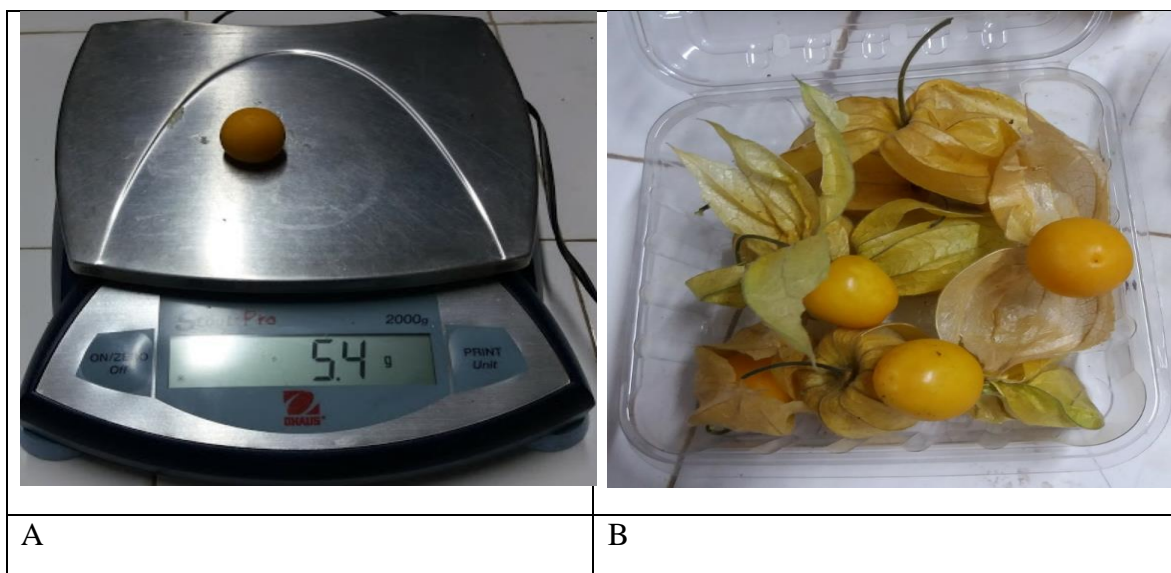


Fig. 4.2. Determinación de peso individual del fruto en el momento de la cosecha (A). Frutos con cáliz después de 21 días en cámara de frío a 0°C (B).

## Resultados

El peso individual del fruto (promedio de los tres años de evaluación) tiende a disminuir hacia el final del ciclo productivo, perdiendo entre el 2,63, 4,94 y 10,08 % para el T3, T2 y T1 respectivamente, pero no se encontró diferencias significativas entre fechas de plantación (tratamientos) en cada momento de evaluación. El peso individual promedio de los tres años de estudio en la primera evaluación fue de 3,67 g, 3,44 g y 3,42 g para los frutos de T1, T2 y T3, respectivamente, llegando al final del ciclo (evaluación 3) con 3,30 g, 3,27 g y 3,33 g para T1, T2 y T3, respectivamente. Se observa un aumento del peso en la segunda evaluación de T2 y T3 (Fig. 4.3), con respecto a la primera evaluación.



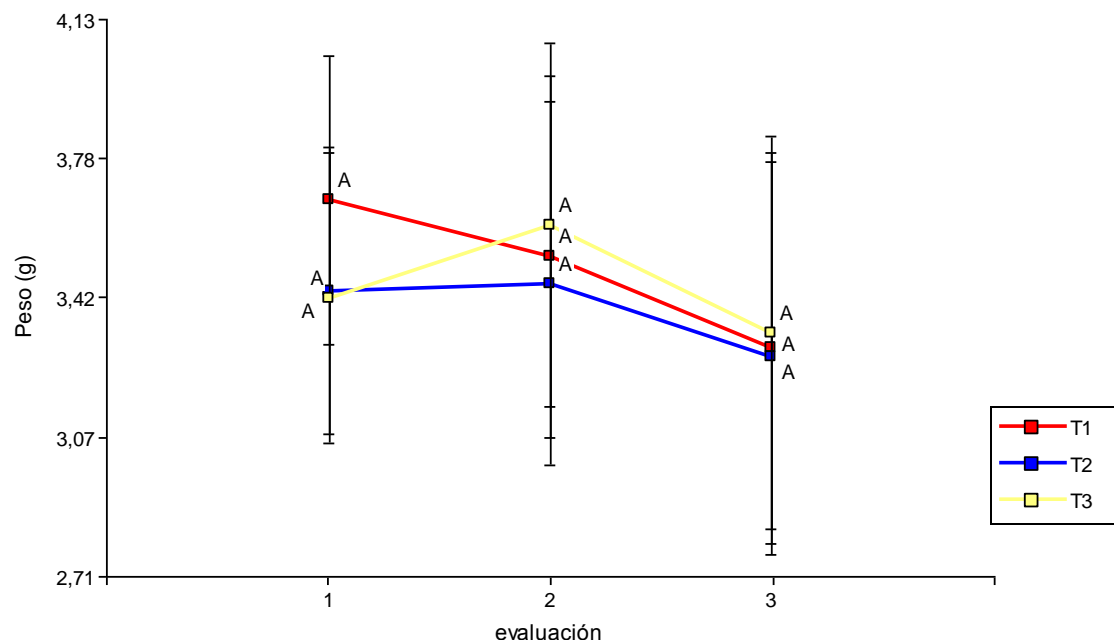


Fig. 4.3. Comportamiento del peso individual del fruto de uchuva en el momento de la cosecha. Valores promedios de los tres años de evaluación con error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos para  $P \leq 0,05$ .

Lo mismo ocurrió con el diámetro ecuatorial (Fig. 4.4), ya que es una variable linealmente relacionada con el peso individual, las disminuciones del diámetro hacia el final del ciclo productivo fueron de 2,16, 2,36 y 4,53 % para el T2, T1 y T3 respectivamente. Los valores obtenidos en la primera evaluación fueron 17,79 mm, 17,59 mm y 17,87 mm para T1, T2 y T3, respectivamente, no habiendo diferencias significativas entre tratamientos. En la segunda evaluación, T3 aumentó su diámetro ecuatorial (17,98 mm) con respecto a la evaluación anterior y se diferencia estadísticamente de T2 (17,40 mm) pero no de T1 (17,67 mm). Los T2 y T1 disminuyeron su valor con respecto a la evaluación anterior. En la última medición, no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos, llegando a un valor de 17,37 mm, 17,21 mm y 17,06 mm para T1, T2 y T3, respectivamente.

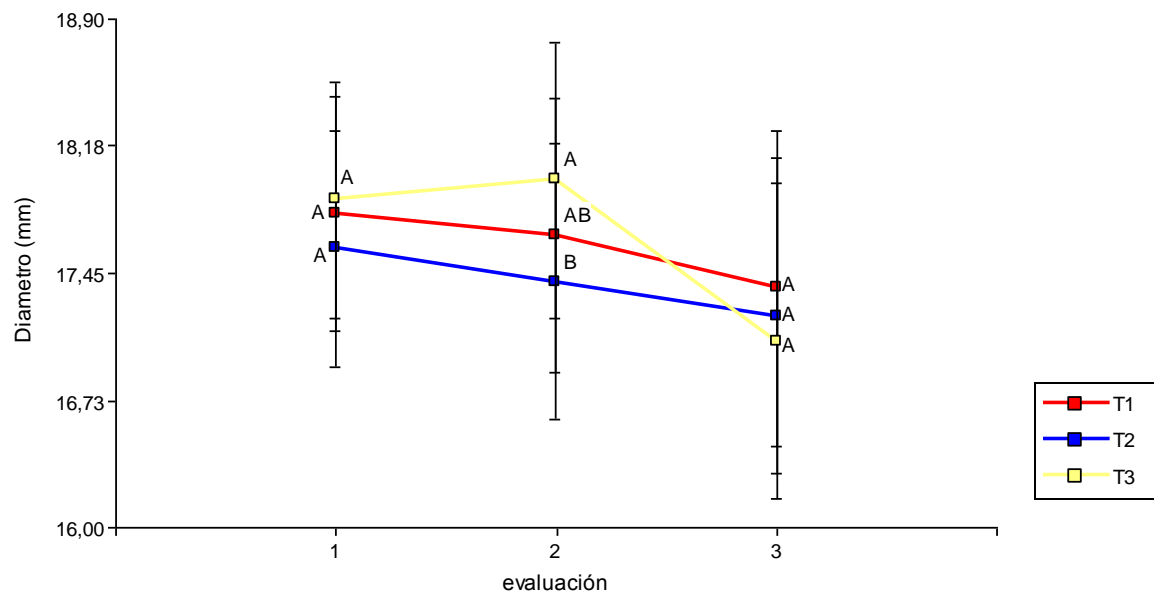


Fig. 4.4. Comportamiento del diámetro ecuatorial del fruto de uchuva en el momento de la cosecha. Valores promedio de los tres años de evaluación con error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas entre los tres tratamientos para  $P \leq 0,05$ .

La firmeza tuvo una tendencia creciente en T3, no así en los demás tratamientos (Fig. 4.5). En la primera evaluación no hubo diferencias significativas entre tratamientos, en la segunda evaluación la firmeza en T2 decae, diferenciándose estadísticamente de T1. En la última evaluación no hay diferencias significativas entre T1 y T2, pero si con T3. Los frutos del T3 presentan menor diámetro al final (Fig. 4.4) y mayor peso (Fig. 4.3), dándole mayor firmeza (Fig. 4.5).

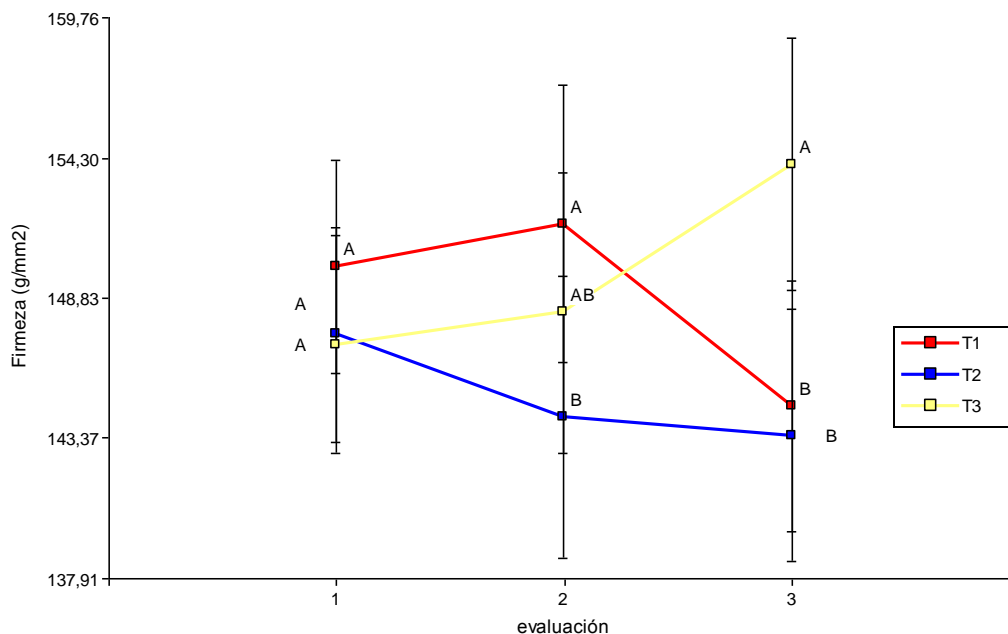


Fig. 4.5. Comportamiento de la firmeza del fruto de uchuva en el momento de la cosecha. Valores promedios de los tres años de evaluación con error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos para  $P \leq 0,05$ .

Con respecto a los sólidos solubles totales, no se observó un patrón claro como en peso individual y diámetro (Fig. 4.6). En la primera evaluación no hubo diferencias significativas entre tratamientos ( $T1=15,62^{\circ}\text{Bx}$ ,  $T2=15,66^{\circ}\text{Bx}$  y  $T3=15,53^{\circ}\text{Bx}$ ). En la segunda evaluación, T2 se diferenció estadísticamente de T1 y T3, teniendo una media de  $15,93^{\circ}\text{Bx}$ . En la tercera y última evaluación, los SST en T3 no se modificaron mucho con respecto de la evaluación anterior, mientras que en T1 ascendieron de 15,15 a  $15,53^{\circ}\text{Bx}$ , y en T2 disminuyeron a  $15,42^{\circ}\text{Bx}$  (Fig. 4.6).

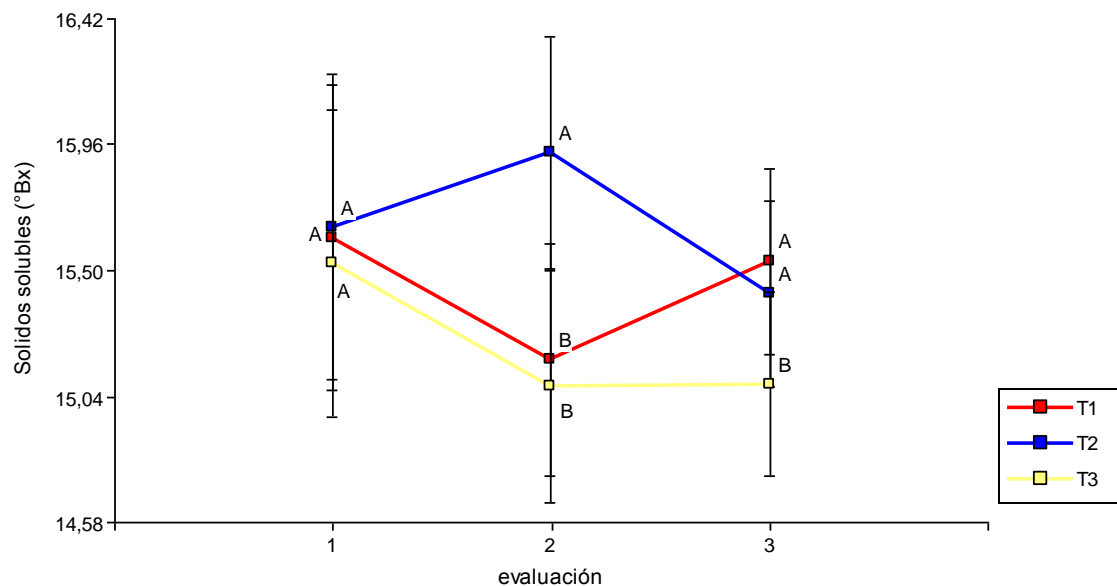


Fig. 4.6. Comportamiento de los sólidos solubles totales del fruto de uchuva en el momento de la cosecha. Valores promedios de los tres años de evaluación con error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos para  $P \leq 0,05$ .

La acidez titulable presentó tendencia a disminuir hacia el final de la cosecha en T2 y T3 (Fig. 4.7). En las evaluaciones 1 y 2 no hubo diferencias significativas entre tratamientos, presentando valores de 1,92 (T1), 1,93 (T2) y 1,95 % (T3) (evaluación 1); y 1,93 (T1); 1,92 (T2) y 1,90 % (T3) (evaluación 2). En la última evaluación, las diferencias entre T1 (1,92 %) y T3 (1,88 %) fueron significativas.

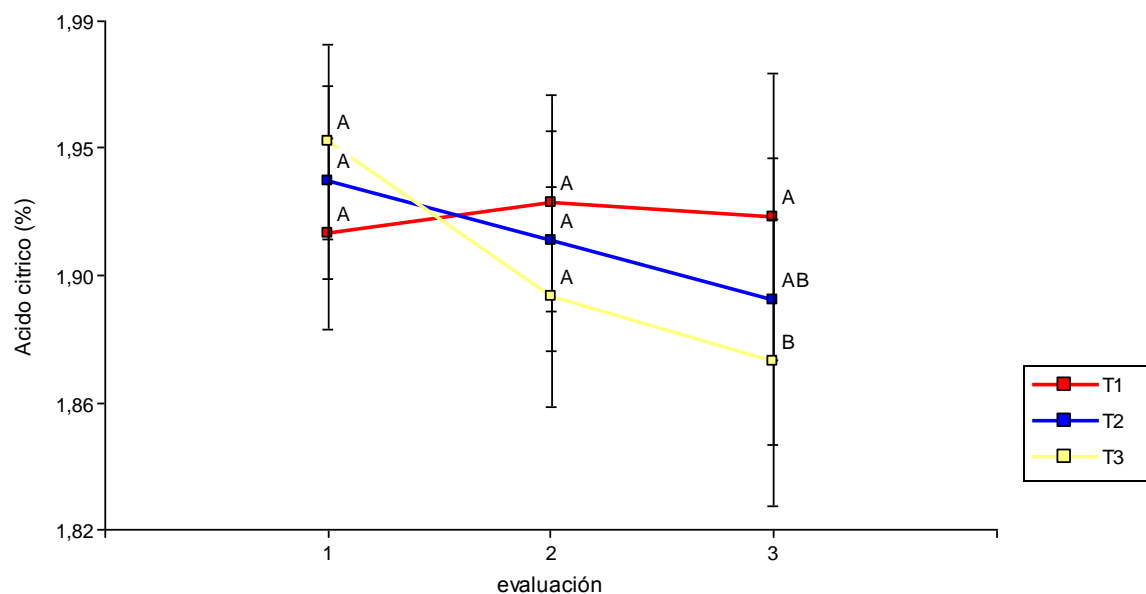


Fig. 4.7. Comportamiento de la acidez titulable del fruto de uchuva en el momento de la cosecha. Valores promedios de los tres años de evaluación con error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos para  $P \leq 0,05$ .

En cuanto a la evaluación de la calidad en postcosecha, independientemente del tratamiento, la fruta mantenida en cámara de frío registró una pérdida progresiva de peso a lo largo del ensayo (27 días), haciéndose constante hacia el final de este período (Fig. 4.8). El 80 % de la pérdida de peso ocurre en los primeros 14 días, luego tiende a estabilizarse perdiendo, en promedio, 2% en los últimos 7 días.

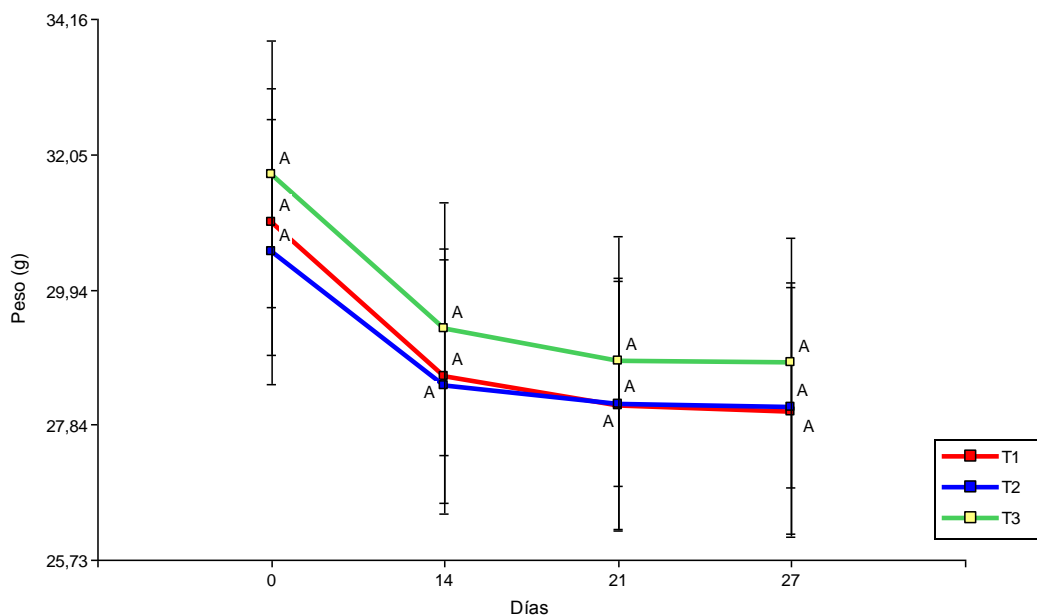


Fig. 4.8. Comportamiento del peso de 10 frutos de uchuva con cáliz en gramos, durante 27 días almacenados en cámara de frío a 0°C. Valores promedios de un año de evaluación con error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos para  $P \leq 0,05$ .

No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos con respecto a sólidos solubles totales (Fig. 4.9). Al principio (día 0) los valores promedios fueron 15,93, 16,60 y 16,13°Bx para T1, T2 y el T3, respectivamente. Después de 14 días los valores aumentaron, pero a los 21 días disminuyeron su valor en T1 y T3, no así en T2, el cual siguió aumentando levemente (Fig. 4.9).

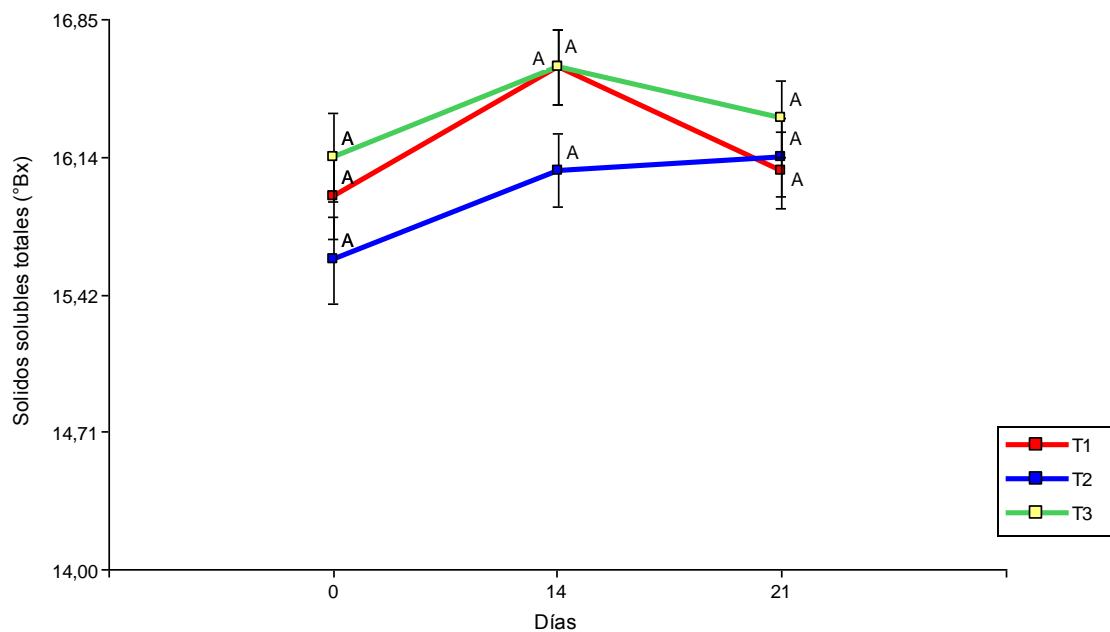


Fig. 4.9. Comportamiento de los sólidos solubles totales de frutos de uchuva con cáliz, a los 0, 14 y 21 días de almacenamiento en cámara de frío a 0°C. Valores promedios de un año de evaluación con error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos para  $P \leq 0,05$ .

La acidez titulable fue similar para todos los tratamientos en el inicio del ensayo, y fueron disminuyendo hacia el final de la cosecha, diferenciándose estadísticamente T1 de T3 (Fig. 4.10)

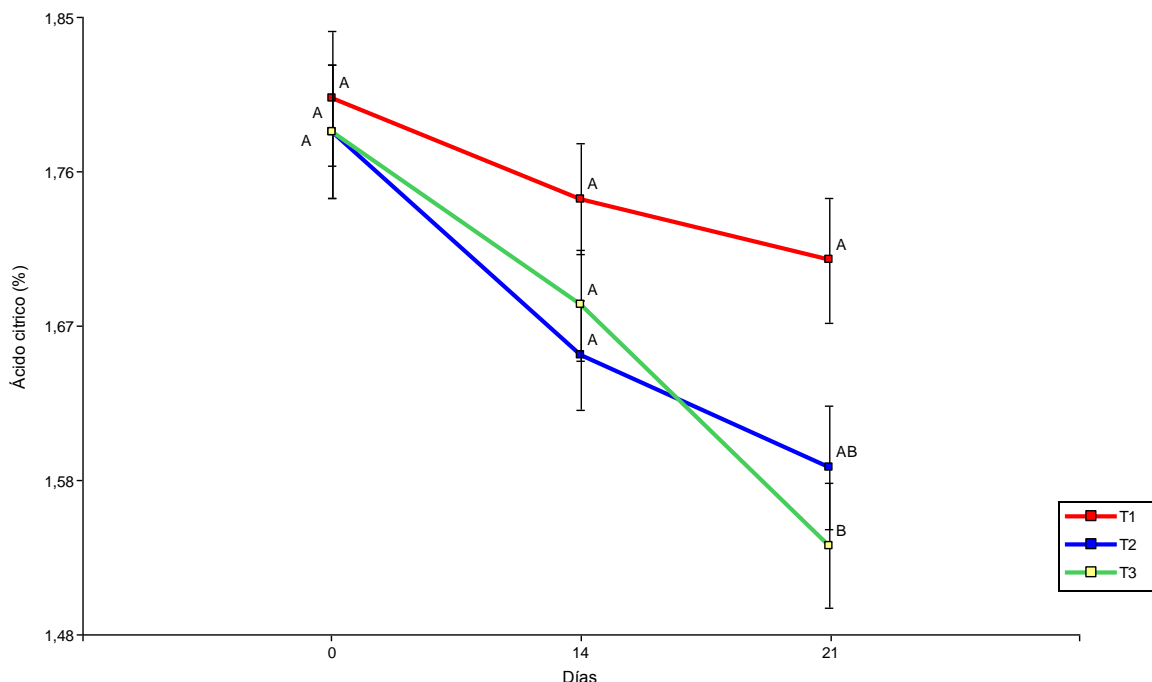


Fig. 4.10. Comportamiento de la acidez titulable de frutos de uchuva con cáliz, a los 0, 14 y 21 días de almacenamiento en cámara de frío a 0°C. Valores promedios de un año de evaluación con error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos para  $P \leq 0,05$ .

## Discusión

Respecto al peso individual de frutos, no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos a lo largo del ciclo productivo, resultados similares reportaron Castro (2009) en frutilla y Contreras et al. (2011) en pepino, quienes indican que Grijalva et al. (2007) reporto disminución del peso a medida que la planta de pepino envejece. Sin embargo los valores obtenidos en este estudio ( $\approx 3,5$  g) están dentro del rango informado en investigaciones previas. El peso individual del fruto en el momento de la cosecha fue mayor que los obtenidos por Cerri (2006) en Buenos Aires, que estuvo entre 1,3 g y 2 g por fruto, pero para densidades de 4 a 8 plantas/m<sup>2</sup>, respectivamente, versus 0,66 plantas/m<sup>2</sup> en nuestros ensayos. En Colombia se reportan valores en el rango de 4,5-7,6 g/fruto con densidades de plantación de 0,25 a 1 planta/m<sup>2</sup> (Fischer et al. 1998; Mazorra y Quintana 2003; Martinez et



al. 2008; Arias 2017). Cabe señalar que en estos trabajos aplicaron fertilizantes a los ensayos, mientras que en esta tesis no se utilizaron.

La disminución del peso del fruto hacia el final podría deberse al aumento de la temperatura del aire, condición climática típica del mes de diciembre. Las temperaturas altas (por encima de 35°C) reducen la tasa de acumulación de materia seca en frutos, impactando en el tamaño de los mismos (Miura et al. 1994; Wang et al. 2000; Grasso et al. 2004; Rodríguez 2012; Kirschbaum et al. 2014).

El diámetro del fruto está relacionado linealmente con el peso y en consecuencia tuvo un comportamiento similar que aquel. Los valores obtenidos al inicio de la cosecha están en sintonía con los reportados por Mazorra y Quintana (2003), Sandoval et al. (2016) y Arias (2017), y se encuentran dentro del rango de aceptación de la norma ICONTEC NTC 4580 (ICONTEC 1999), que establece entre 15 y 22 mm de diámetro ecuatorial para la uchuva comercial.

La firmeza del fruto, que está determinada principalmente por características de la pared celular, parénquima y turgencia de las células (Salentijn et al. 2003; Arias 2017) y cambia con los procesos de maduración (Hernández et al. 2005), presentó valores altos al inicio de las evaluaciones. Hacia el final del ciclo, en general la firmeza fue disminuyendo, probablemente debido a la ocurrencia de altas temperaturas y precipitaciones, tal como fuera sugerido por otros investigadores (Agüero 2012). La excepción fue T3 que tuvo una tendencia opuesta (Fig. 4.5).

No se observó una tendencia clara de los SST a lo largo del ciclo productivo y con los tratamientos, variando con la fecha de evaluación. Inicialmente no hubo diferencias

estadísticas entre los registros, pero hacia el final del ciclo, T3 se diferenció significativamente de T1 y T2, siendo su media menor (15,09 °Bx). Castro (2009), no obtuvo diferencias significativas entre la fecha de plantación y los SST para un mismo cultivar en frutilla, pero indica que según Carlen et al. (2005), esto se podría modificar con manejo de técnicas culturales. Sin embargo, los valores obtenidos en esta tesis están dentro de los requeridos y recomendados por la normativa colombiana de uchuva fresca (Arias 2017) y coinciden con los reportados por otros investigadores (Martínez et al. 2008; Márquez et al. 2009; Mendoza et al. 2012; Arias 2017).

Los valores de acidez titulable, en el momento de la cosecha ( $\approx 1,93$  %), concuerdan con los obtenidos por Martínez et al. (2008) y Mendoza et al. (2012) en Colombia, y por Velásquez y Velásquez (2017) en Perú, quienes reportan valores de 1,68 a 2,05 %. La acidez fue menor hacia el final del ciclo de cosecha, esto puede deberse también, como ocurrió con el peso y el diámetro, por el aumento de la temperatura del aire, acelerando los procesos madurativos del fruto en la planta, haciendo que la calidad sea menor al momento de la cosecha (Fischer y Martínez 1999; Kader 2002).

La pérdida de peso de la fruta almacenada en cámara de frío a 0°C puede deberse principalmente a la respiración y transpiración (Kader 2002). El déficit de presión de vapor de agua entre el fruto y el ambiente generan grandes pérdidas de agua, lo cual se traduce en pérdida de peso (Wills et al. 1998; Botero 2002; Sora et al. 2006). Al disminuir la temperatura, disminuye también la actividad respiratoria, la cual se relaciona con la degradación de los polisacáridos en la pared celular, que permiten la salida de agua de manera acelerada (Ramírez et al. 2005; Janeta 2017). Del peso inicial las pérdidas totales representaron 9,58 %, 7,95% y 9,23% para T1, T2 y T3, respectivamente.

Siguiendo con el análisis de la fruta almacenada en cámara de frío, el aumento de SST y la disminución de la acidez titulable, es un comportamiento típico en la maduración de la uchuva (Fischer y Martínez 1999; Aldana y Manjarres 2014; Velásquez y Velásquez 2017; Alarcón 2017). La respiración del fruto involucra procesos de hidrólisis del almidón, síntesis de sacarosa y oxidación de ácidos por desdoblamiento de sustancias de reserva (Guzmán y Segura 1989; Hernández 2001), produciendo el aumento de SST. La caída de los ácidos en los frutos, generalmente indican que se están consumiendo como sustrato del proceso respiratorio, debido a que los ácidos, en comparación con los carbohidratos, contienen más oxígeno por cada átomo de carbono e hidrógeno (Balaguera et al. 2014).

Resultados similares al comportamiento de la fruta en cámara obtuvieron Novoa et al. (2006), Lanchero et al. (2007) y Pinzón et al. (2015), quienes reportan que el peso del fruto y la acidez titulable, a medida que el fruto madura tienden a disminuir con el paso de los días, en contraposición con lo que ocurre con los sólidos solubles totales, los cuales aumentan hacia el final de los ensayos. Después de 21 días de almacenamiento, la fruta presentó muy buen aspecto visual (Fig. 4.2. B), lo que indica que la conservación en cámara de frío permite extender la vida poscosecha de la uchuva. Esta característica la hace compatible con la logística de exportación del arándano (*Vaccinium corymbosum* L.), que debe tener un buen manejo en la cosecha, un rápido enfriamiento y almacenamiento (Undurraga y Vargas 2013).

## **Conclusiones**

La fecha de plantación no tuvo grandes inferencias sobre la calidad de los frutos en el momento de la cosecha a lo largo del ciclo productivo, los valores obtenidos en los análisis están dentro del rango de exigencia de las normas de exportación colombiana, con lo cual la

calidad no sería una limitante para exportar uchuva desde Tucumán. Los análisis de postcosecha en cámara, demostraron que la fruta tiene una vida útil larga, garantizando altos estándares de calidad por al menos hasta 21 días, lo que permite planificar la exportación por medios terrestres o marítimos, dependiendo la distancia a los mercados destinatarios.

## Capítulo 5

### Relevamiento de los principales problemas fitosanitarios que afectan a esta especie a lo largo de su ciclo productivo

#### Introducción

A nivel mundial, la uchuva (*Physalis peruviana* L.) está amenazada por diversas plagas y enfermedades de importancia económica, afectando el normal crecimiento y desarrollo de la planta, como así también el rendimiento del cultivo y la apariencia (calidad) del fruto (Benavides y Mora 2005; Zapata et al. 2005). El mercado exige fruta libre de daños por plagas y enfermedades (Gómez 2006).

Una de las principales plagas de la uchuva en el mundo es *Epitrix cucumeris* (Coleoptera: *Chrysomelidae*), denominado comúnmente pulguilla, que se alimenta de brotes tiernos causando perforaciones redondas (Zapata et al. 2002; Benavides y Mora 2005; Fischer et al. 2014). Está considerada como especie ausente en la Argentina.

Otra plaga de gran importancia para el cultivo es *Chloridea (Heliothis) subflexa* (Lepidoptera: Noctuidae: Heliothinae) (Zapata et al. 2002; Bado et al. 2005; Benavides y Mora 2005; Fischer et al. 2014; Campos de Melo et al. 2017). Sus huevos son pequeños, estriados, achatados y miden 0,5 mm, las larvas tienen diferentes coloraciones, que varían del amarillo al verde oscuro, y llegan a medir hasta 45 mm. La larva es el estadio más peligroso y dañino para el cultivo, ya que perforan el cáliz para alimentarse del fruto. Las pupas miden alrededor de 15 mm y se encuentran en el suelo, mientras que los adultos son mariposas de hábito nocturno (polillas) que llegan a medir hasta 35 mm y ovipositan en el cáliz (Vergara 1999; Zapata et al. 2002; Benavides y Mora 2005).

Además de estas dos especies, se mencionan otras de menor importancia como *Aculopsluco persici*, *Spodoptera sp.*, *Agrotis sp.*, *Feltia sp.* y *Liriomyza sp.* (Benavides y Mora 2005).

La uchuva también es afectada por enfermedades causadas principalmente por hongos, bacterias y virus, desde el almácigo hasta la postcosecha (Tamayo 2006). El patógeno más importante es *Fusarium oxysporum* Schelecht, responsable del marchitamiento vascular (Fischer et al. 2014), que puede llegar a ocasionar pérdidas totales del cultivo (Estupiñán y Ossa 2007). Éste se encuentra en el suelo, presenta clamidosporas con capacidad de supervivencia >20 años y su micelio puede penetrar las raíces de forma directa o indirecta, ya sea por heridas o en el punto de formación de raíces secundarias (Haglund y Kraft 2001; Fischer y Miranda 2012).

*Phoma* sp. es otro hongo perjudicial para la uchuva, que produce la enfermedad llamada muerte descendente o mal de la tierra y, al igual que *Fusarium*, puede ocasionar la pérdida total del cultivo (Zapata et al. 2002 y 2005).

La uchuva además es afectada por otros patógenos fúngicostales como *Pythium* sp., causante del damping-off en el almácigo; *Cercospora* sp., que afecta a la planta en cualquier etapa del desarrollo; y *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.), que produce la pudrición dura o moho blanco en cualquier órgano de la planta (Zapata et al. 2005). También se citan patógenos de poscosecha, tales como *Botrytis* sp., *Cladosporium*, *Pestalotia* y *Phomopsis* (Raghava y Murty 1987; Zapata et al. 2005; Heredia et al. 2017).

En Buenos Aires existen antecedentes de ataques de plagas en una parcela experimental de uchuva, donde encontraron *Lema bilineata* (Germ) (Coleóptero: Chrysomelidae) ocasionando importantes daños en la hoja, y *Heliothis* sp. (Lepidoptera: Noctuidae) (Bado et al. 2005), cuyas larvas perforan el cáliz y consumen frutos en cualquier estadio de desarrollo (Fischer et al. 2005). Este último es el insecto que causa mayor daño al cultivo, pudiendo afectar hasta un 62% de las frutas (Bado et al. 2005). Se presume que puede

ser *H. subflexa* pero aún no está confirmado y por lo tanto figura en la lista de plagas cuarentenarias ausentes (SENASA-SINAVIMO 2018).

En este contexto, y al tratarse de un cultivo nuevo en Tucumán, se consideró importante explorar los problemas fitosanitarios con los que puede enfrentarse la uchuva en la región en las 3 fechas de trasplante.

### **Materiales y métodos**

Lugar donde se desarrolló la investigación, diseño estadístico, datos de siembra, plantación y conducción: Ídem al capítulo 2.

*Recolección, acondicionamiento e identificación de artrópodos plagas del cultivo.* Para explorar las potenciales plagas, se realizaron monitoreos semanales durante el ensayo (2015, 2016 y 2017), y se recolectaron insectos asociados a daños observados en las plantas. Las muestras se obtuvieron por medio de la técnica de golpeteo (de hojas, ramas y frutos) y recolección en frascos con alcohol 65°. Luego fueron llevados al laboratorio de la EEA Famaillá para realizar su identificación con ayuda de claves taxonómicas.

*Recolección y acondicionamiento de muestras para estudio de enfermedades del cultivo.* Se realizaron monitoreos semanales, durante los 3 años de investigación, en los cuales se colectó material vegetal con síntomas asociados a fitopatógenos, las muestras se colocaron en conservadora para evitar su deterioro, se rotularon (Tamayo 2006) y se procesaron en el laboratorio de sanidad vegetal de la EEA Famaillá.

*Aislamiento e identificación de patógenos.* En el laboratorio, el material vegetal (hojas, tallos, etc.) se dividió en dos partes. Una parte se puso en cámara húmeda (en bandejas plásticas y en su interior algodón húmedo y papel absorbente) para estimular la esporulación y desarrollo de estructuras reproductivas y vegetativas de los posibles patógenos presentes.

Luego se revisaron periódicamente las bandejas durante una semana, hasta que se constató crecimiento del patógeno. Posteriormente se procedió a su identificación, mediante observación macro y microscópica.

Con la otra parte del material vegetal se realizaron aislamientos y posteriormente se identificó el patógeno. Previo a esto se desinfectó el material y se lo colocó en cajas de petri con el medio de cultivo APG al 2 % por triplicado. Luego las cajas de petri se incubaron en estufa, a temperaturas entre 25 y 28°C. Con las muestras que dieron resultados positivos, se procedió a repicar las colonias para su purificación. Luego se hizo la identificación macro y microscópica de los patógenos.

*Prueba de patogenicidad.* Para dar cumplimiento a las pruebas de patogenicidad, se siguió el protocolo de Rodríguez y Canencio (2007). Luego de aislar el agente causal, se sembró en medio APG durante 7 días a 24°C en estufa. Luego se tomaron discos de 1cm de diámetro de la zona de activo crecimiento (de la caja de petri), se colocaron en el interior de bolsas de polietileno conteniendo 1500 cc de sustrato estéril (GrowMix) y se dejó incubar por un período de 10 días a 24°C, con la adición 1200 cc de agua estéril. Finalizado el periodo de incubación, en este sustrato se trasplantaron 3 plantas de 60 días después de la siembra, en macetas de 500 cc, las que se regaron con agua y se mantuvieron en saturación durante 48 h para crear condiciones de anoxia radicular y favorecer la penetración del patógeno. El control se realizó con plantas de iguales características y con sustrato estéril contenido únicamente discos de APG sin el patógeno. Previo al trasplante se realizó el lavado de raíces para eliminar restos de suelo adherido y producir pequeñas laceraciones, que favorecen la entrada del patógeno.



Transcurridas tres semanas desde la inoculación, se manifestaron síntomas de marchitamiento, y necrosis vascular y de raíces en las plantas inoculadas. Se procedió a aislar nuevamente el patógeno, con características culturales semejantes (color y aspecto de la colonia, características del micelio, forma y tipos de conidios, etc.) al primer aislado, confirmando el agente causal y dando cumplimiento a los postulados de Koch (Agrios 2001).

También se analizaron frutos maduros asintomáticos, para detectar patógenos presentes después de la cosecha. Para ello se colocaron dos muestras de 50 frutos cada una, con y sin cáliz (para ver si había diferencia entre estos), durante 10 días a 20°C y 90% de humedad relativa (HR), en cámara húmeda. Además se realizó la siembra en cajas de petri con medio APG al 2% para observar el crecimiento de patógenos.

## **Resultados**

Los insectos encontrados que causaron daños en el cultivo fueron el gusano minador *Faustinus* sp. (Coleoptera, Curculionidae) (Fig. 5.2) y *Heliothis* sp. (Lepidoptera: Noctuidae: Heliothinae) (Fig. 5.3).

*Faustinus* sp. produjo pérdidas del 60% de las plantas después de finalizada la cosecha (hacia fines de diciembre), es decir de un total de 81 plantas evaluadas, fueron atacadas 48, las cuales mostraron daños consistentes en perforaciones en los tallos (Fig. 5.1). Las larvas consumieron el interior del tallo (Fig. 5.2 A) provocando, en casos de ataques severos, la muerte de la planta.



Fig. 5.1. Tallos perforados por adultos de *Faustinus* sp. en plantas de uchuva (INTA Famaillá, Tucumán).

En las muestras extraídas del campo, además de larvas en el interior de tallo, se observó la presencia de pupas (Fig. 5.2 B). Las larvas y pupas capturadas fueron llevadas al laboratorio, donde se colocaron en cámara húmeda con el material vegetal para que continúen con su ciclo biológico hasta obtener el adulto, para luego realizar su identificación taxonómica.

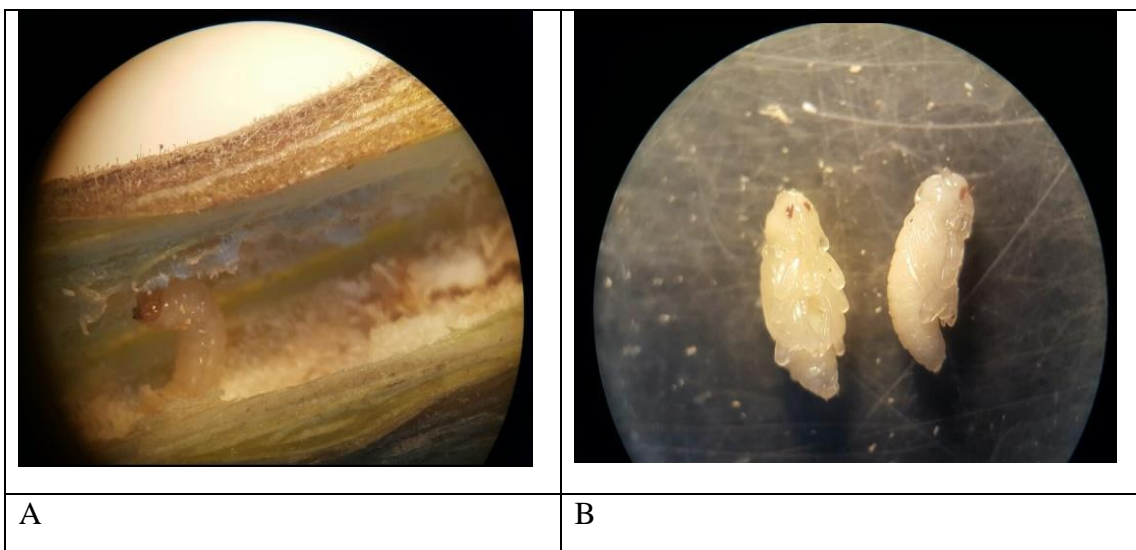


Fig. 5.2. Estadío larval (A) y pupal (B) de *Faustinus* sp. en plantas de uchuva (INTA Famaillá, Tucumán).

*Heliothis* sp. atacó frutos inmaduros y maduros (Fig. 5.3), haciéndose presente desde la segunda quincena de noviembre, en los 3 años de evaluación. El tratamiento más perjudicado fue T3 (fecha más tardía de plantación), ya que al producir más tarde (capítulo 2), tuvo las mayores pérdidas con un 24,40% de frutas dañadas (Fig. 5.4).



Fig. 5.3. Frutos de uchuva atacados por larvas de *Heliothis* sp. en la planta (INTA Famaillá, Tucumán).

Las pérdidas productivas ocasionadas por ésta plaga fueron del 17,85 % para T1 y del 20,55 % para T2 (Fig. 5.4). Si bien no está confirmada la especie de los individuos de *Heliothis* encontrados, las larvas son idénticas a las citadas por Bado et al (2005), atacando *Physalis* en Buenos Aires, y nombradas en ese trabajo como *H. subflexa*. Sin embargo, el SINAVIMO mantiene a esta especie en la lista de plagas cuarentenarias ausentes porque considera que la determinación de Bado et al. (2005) no fue realizada por un experto en taxonomía de lepidópteros, y por lo tanto no reconoce como válido a dicho reporte. La identificación taxonómica del adulto de esta plaga no se pudo realizar en la presente tesis debido a que las larvas no sobrevivieron en el laboratorio.

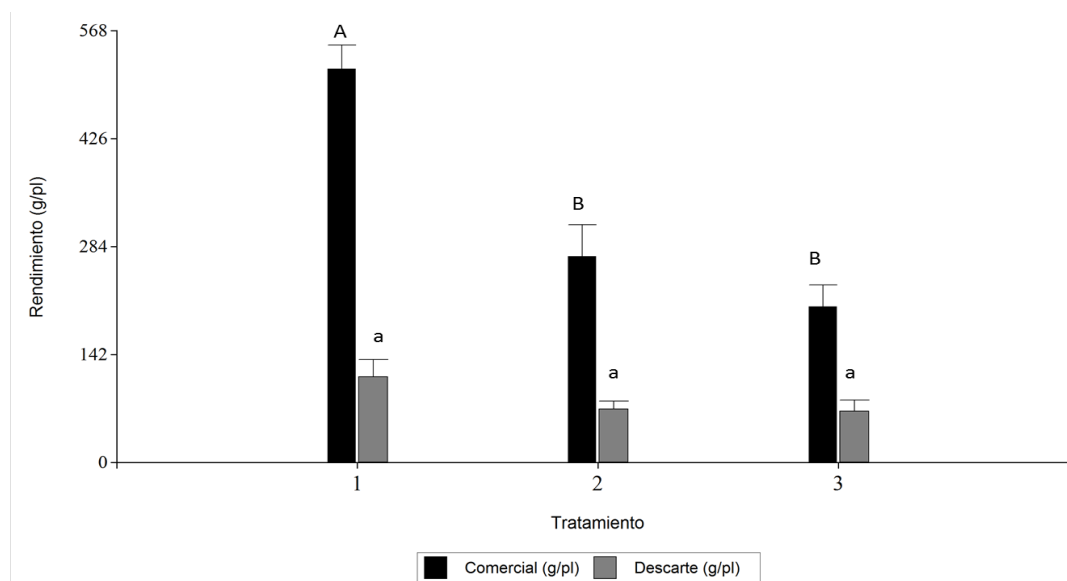


Fig. 5.4. Impacto de *Heliothis* sp. sobre el rendimiento promedio de los 3 años de evaluación de la uchuva en Famaillá, Tucumán, en cada fecha de trasplante (tratamiento). Las barras grises representan las pérdidas de fruta por descarte, a raíz del daño del insecto a la fruta. Valores promedios con error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas para  $P \leq 0,05$ .

Además de las plagas antes mencionadas, que ocurren en momentos puntuales del cultivo, se observó la presencia de arañuela roja (*Tetranych usurticae*) y chinches verdes (*Nezara viridula*), especialmente cuando la temperatura aumenta hacia el final del cultivo. Estas fueron controladas con insecticidas.

En el tercer año de evaluación, las plantas fueron atacadas por babosas (Gastropoda: Stylommatophora) en el momento del trasplante en los tres tratamientos (Fig. 5.5). El daño que estas producen es crítico, ya que cortan los plantines en la base del tallo. El avance de la plaga fue rápidamente frenado con la aplicación de un molusquicida, registrándose un daño del 6,17%, siendo las plantas afectadas reemplazadas inmediatamente.



Fig. 5.5. Plantines de uchuva, con presencia de babosas (INTA Famaillá, Tucumán).

En cuanto a enfermedades, la sintomatología identificada fue marchitamiento vascular o muerte descendente (Fig. 5.6), y clorosis y necrosis de los haces vasculares, observadas en cortes transversales de los tallos (Fig. 5.7).



Fig. 5.6. Planta de uchuva con síntoma típico de marchitamiento vascular o muerte descendente (INTA Famaillá, Tucumán).





Fig. 5.7. Corte transversal de un tallo de uchuva con necrosis en los haces vasculares (INTA Famaillá, Tucumán).

El crecimiento en el medio de cultivo del hongo aislado de los tejidos con sintomatología, dio como resultado un micelio de coloración rosada (Fig. 5.8), que al observar en microscopio resultaron ser macro y microconidios hialinos y septados, característicos del género *Fusarium* sp. (Fig. 5.9).

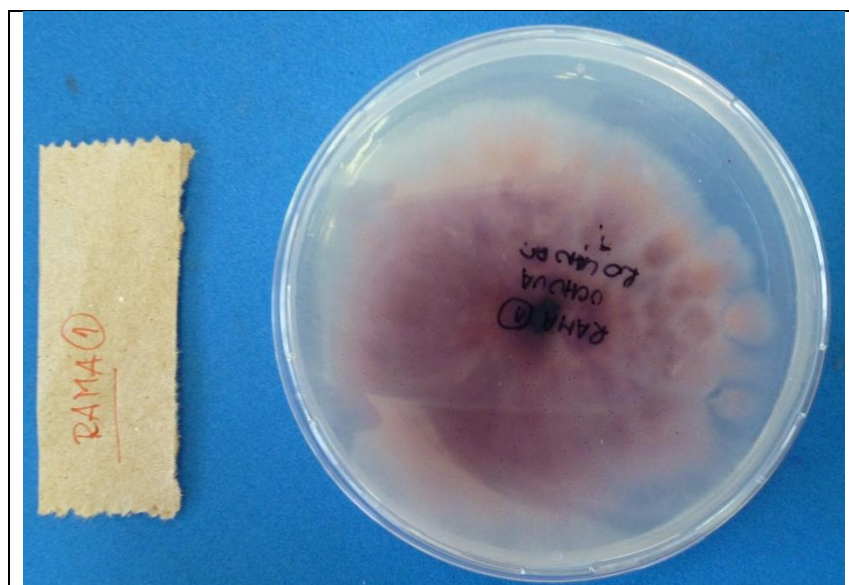


Fig. 5.8. Coloración típica de *Fusarium* sp. en medio de cultivo APG.

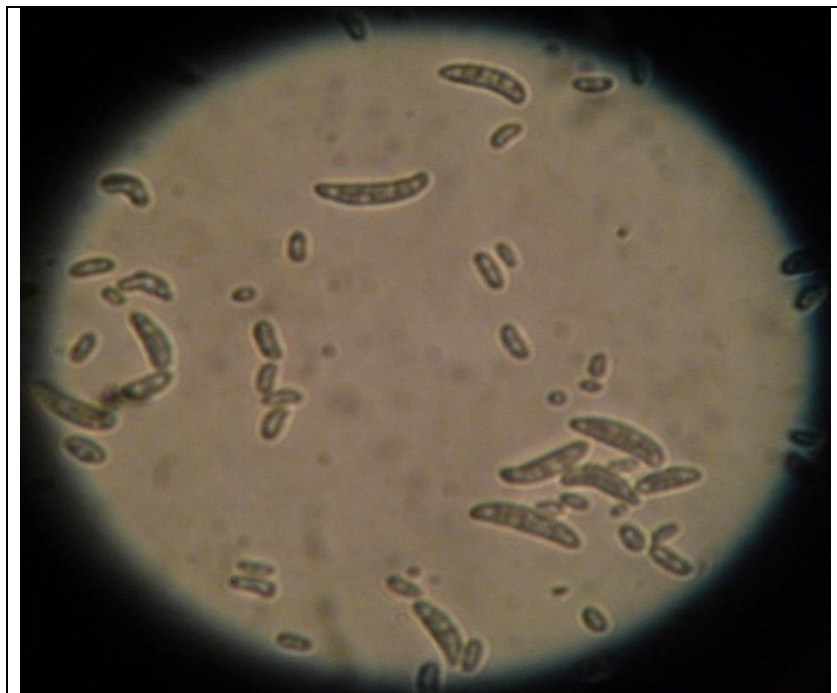


Fig. 5.9. Estructuras microscópicas: macro y microconidios de *Fusarium* sp.

Para cumplimentar los requerimientos del estudio de patogenicidad se siguieron los postulados de Koch (descritos previamente), sobre plantines de uchuva de 60 días después de la siembra, comprobando la presencia de *Fusarium* sp, en la tercera semana de realizada la inoculación, donde se observó sintomatología en hojas y raíces. El marchitamiento de las hojas se debió a la obstrucción de los vasos conductores, las mismas presentaban pérdida de turgencia y coloración violácea. Las raíces presentaron pudriciones de colores oscuros.

Se realizó además la evaluación de frutos maduros asintomáticos, que dio como resultado, luego de 10 días de conservación en cámara húmeda (Fig. 5.10), la presencia de hongos como *Botrytis cinerea* (Fig. 5.11 A), *Cladosporium* sp. (Fig. 5.11 B), *Phomopsis* sp. (Fig. 5.11 C) y *Pestalotia* sp. (Fig. 5.11 D). Posteriormente, las siembras de estos frutos en cajas de petri con medio de cultivo APG confirmaron la presencia de dichos patógenos.



Fig. 5.10. Cámara húmeda con frutos de uchuva a 20°C y 90% HR, con signos de *Pestalotia* (INTA Famaillá, Tucumán).

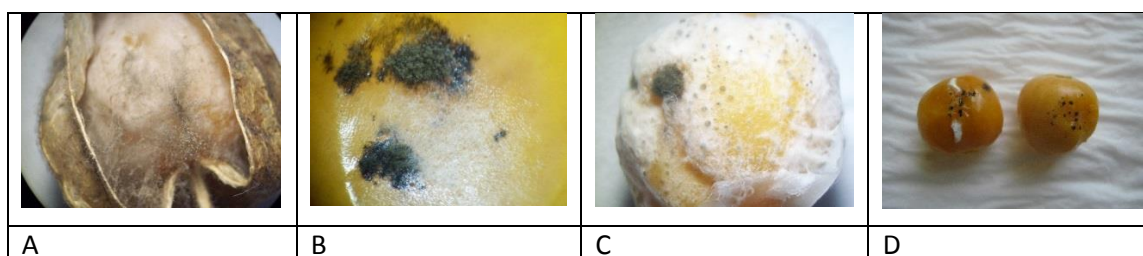


Fig. 5.11. Frutos de uchuva en cámara húmeda con *Botrytis* (A), *Cladosporium* (B), *Phomopsis* (C) y *Pestalotia* (D) (INTA Famaillá, Tucumán).

### Discusión

La aparición de *Faustinus* sp. en uchuva es un hecho nuevo para el cultivo y en la región de estudio, debido a que no hay antecedentes de esta plaga en las regiones productoras de uchuva. En consecuencia, se informará del hallazgo al Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de plagas (SINAVIMO) del Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). *Faustinus* sp es agente perjudicial para algunas especies de la familia de solanáceas, entre éstas el tabaco según Honorio (2015) en Perú, y el tomate



(*Solanum lycopersicum* L.), reportado por Almeida et al. (2009) en Brasil, donde este insecto provoca disminución del rendimiento en el cultivo.

Este insecto produjo la pérdida del 60% de las plantas evaluadas en este ensayo, a fines del mes de diciembre, momento en el cual el cultivo finaliza su etapa productiva, por lo que no tuvo influencia sobre el rendimiento. *Faustinus* sp. pudo estar presente en las malezas del lote, o por la cercanía de otros cultivos hospedantes de la plaga, como lo son tomate y pimiento.

*Heliothis* sp. produjo pérdidas de fruta del 17,85%, 20,55% y 24,40% para T1, T2 y T3, respectivamente en promedio de los 3 años evaluados, las cuales son menores a las reportadas por Bado et al. (2005), quienes indican que se puede perder hasta un 62% de la producción, pero similares a las informadas por Benavides y Mora (2005). Esto indica que plantar temprano tiene ventajas, debido a que el cultivo entra en producción antes (Capítulo 2), escapando al ataque de esta plaga en las primeras cosechas. Los daños producidos por babosas también fueron reportados por Zapata et al. (2002) en Colombia, en las zonas más húmedas de los lotes y durante épocas de alta precipitación.

La necrosis de los haces vasculares en los tallos, causada por *Fusarium* sp., se produce por la obstrucción de los mismos generada por los microconidios y micelios del patógeno (Tamayo 2006). Esta enfermedad fue reportada en la mayoría de los países productores de uchuva (Fischer et al. 2014), y las características descriptas en esta investigación de marchitamiento de la planta (“necrosis de los haces vasculares de tallos”), son similares a las reportadas por Tamayo (2006) y Rodríguez y Canencio (2007). Según Navarrete (2013), el mal manejo del cultivo (uso de material de propagación infectado, baja rotación de cultivos, uso de riego por gravedad, entre otros factores), puede favorecer a la prevalencia de la

enfermedad, y llegar a ocasionar el descenso de la superficie plantada en una determinada región. Al ser un patógeno habitante del suelo de difícil control, por presentar clamidosporas de alta durabilidad, pudo estar presente en el lote por algún cultivo antecesor, debido a que existen reportes de este patógeno en el campo experimental (Viejobueno et al. 2017).

Plantas de uchuva de 2 meses de edad cultivadas en macetas en un invernadero en Colombia, fueron sometidas a inoculación (en el sustrato) con *F. oxysporum*, manteniéndolas anegadas durante 6 días. Los parámetros de crecimiento de la planta fueron evaluados durante 30 días y se compararon con el control (sin anegamiento e inoculación con *Fusarium*). La concurrencia de los dos estreses aumentó el efecto de manera sinérgica, reduciendo el crecimiento de la raíz, demostrando el impacto que el encharcamiento y el estrés por *Fusarium* pueden tener sobre el crecimiento de la planta cuando se combinan (Villarreal-Navarrete et al. 2017). La rápida progresión de la enfermedad del marchitamiento vascular en el tejido de las plantas anegadas puede deberse a que, bajo esta condición y dada la susceptibilidad de la planta a *F. oxysporum* (De La-Rotta 2014), el *Fusarium* asciende rápidamente por el tallo, causando taponamiento de los haces vasculares de una manera mucho más dramática y rápida que bajo condiciones saludables (Aguirreolea, 2003; Navarrete 2013). En esta tesis, el momento en el cual se observaron plantas con síntomas de marchitamiento en el campo, coincidió con la ocurrencia de precipitaciones prolongadas que generan encharcamiento en el suelo, condición predisponente para el ataque del patógeno. Por otra parte, los frutos no conservados en condiciones óptimas [cámaras de frío con temperaturas  $\leq 7^{\circ}\text{C}$  (Lanchero et al. 2007; Pinzón et al. 2015) y HR entre 90-95% para evitar la deshidratación (García et al. 2014)], a los 10 días presentaron ablandamiento y pudrición

producidos por patógenos, donde *Cladosporium* encontrado en este trabajo, ya fue reportado como patógeno en postcosecha de uchuva por Rao y Subramoniam (1976).

### **Conclusiones**

El cultivo de uchuva en la provincia de Tucumán, fue afectado principalmente por *Heliothis sp.* que tiene impacto directo en el rendimiento ya que afecta la producción de frutos, y fue atacado por un patógeno de gran importancia a nivel mundial como lo es *Fusarium sp.* Además en momentos puntuales del cultivo, se observó la presencia de otras plagas, como babosas en el trasplante, arañuela roja y chinches en condiciones favorables para estas y *Faustinus sp.* al finalizar el cultivo. Estos daños se pueden mitigar con plantaciones tempranas para escapar al ataque de la plaga, y la desinfección de suelo, rotación de cultivos, eliminación de restos del cultivo antecesor, promoción de un buen sistema radicular de las plantas, entre otras prácticas, pueden minimizar el ataque del patógeno.

## Capítulo 6

### Discusión general

El cultivo de uchuva se adaptó a las características agroclimáticas de la Llanura Deprimida No Salina de Tucumán, presentando requerimientos de días y tiempo térmico para completar sus fases fenológicas similares a otras regiones donde se produce, demostrando que esta planta presenta plasticidad ante diferentes condiciones climáticas. La fecha temprana de plantación (T1) adelantó su entrada en producción respecto de las fechas siguientes (T2 y T3), y fue la que tuvo un mayor ciclo productivo (desde fruto maduro hasta última cosecha), así mismo el T1 acumuló mayor TT al final del ciclo del cultivo (última cosecha).

El número de hojas al momento de flor abierta, puede ser un indicativo del rendimiento en el cultivo, debido a que en cada axila de una hoja se forma una flor, que se transformará en un fruto (Fischer et al. 2011). En esta tesis el tratamiento con mayor número de hojas (T1) fue el que reportó el rendimiento más alto. Estos resultados coinciden con los obtenidos por García et al. (2015), quienes reportaron los mayores rendimientos por hectárea (para un marco de plantación de  $1 \times 2 = 5000$  plantas/ha), para los tratamientos de mayor número de ramas, e indicaron que este parámetro es un factor determinante para la productividad de la planta.

El rendimiento del cultivo estuvo influenciado por la fecha de trasplante a campo, el coeficiente fototermal, el fotoperíodo y la temperatura en el ciclo productivo, siendo la fecha de trasplante más temprana (T1) la que mejores resultados arrojó. Fotoperíodos y temperaturas elevadas (fotoperíodos mayores a 12 hs y temperaturas superiores a 35°C) durante el ciclo productivo estuvieron asociados negativamente con el rendimiento. Las fechas tardías de trasplante exploraron estas condiciones durante la mayor parte de su ciclo

y resultaron ser las de menores rendimientos, lo cual condice con lo expuesto por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2002). Sin embargo, los menores rendimientos obtenidos en los trasplantes tardíos superaron aun así a lo reportado por Willyam (2013) en Perú, lo cual indica que los valores obtenidos en estos tratamientos (T2 y T3) no son despreciables. La máxima tasa de producción de fruta y su duración contribuyeron positivamente en la obtención de mayores rendimientos.

La fecha de siembra/trasplante y la exposición del cultivo a diferentes ambientes, no presentaron efectos en la calidad del fruto al momento de la cosecha durante el ciclo productivo. Sin embargo, los valores obtenidos se encuentran dentro del rango requerido por las normas colombianas de exportación ICONTEC NTC 4580, ubicando a Tucumán como un potencial productor de uchuva, con rendimientos aceptables y excelente calidad de fruta. Existen reportes donde la deficiencia de nutrientes puede afectar la calidad del fruto, principalmente el peso individual del mismo (Martínez et al. 2008), lo cual podría dar pie para desarrollar líneas de investigación que vinculen la nutrición mineral con la calidad de la uchuva en Tucumán.

Al ser un cultivo nuevo en la provincia, se desconocen las potenciales amenazas bióticas a la que puede estar expuesto. Esta tesis permitió identificar una posible plaga, *Heliothis sp.*, que afectó el rendimiento de las plantaciones tardías. Este lepidóptero ya fue citado como plaga en ensayos de uchuva realizados en Buenos Aires (Bado et al. 2005), donde se reportaron pérdidas superiores al 60% de la producción. Asimismo, en Colombia y Brasil, este insecto constituye una de las principales plagas de la uchuva. Para nuestras condiciones agroecológicas, sería de suma importancia investigar la biología y ecología del insecto a los fines de comenzar a diseñar estrategias de manejo integrado. Por lo pronto, en

esta tesis se observó que el trasplante temprano podría ser una manera de reducir o minimizar la incidencia de la plaga, ya que los daños se observaron hacia el final del ciclo productivo.

En todos los países productores de uchuva, se registraron daños causados por el patógeno *Fusarium* sp. según Fischer et al. (2014). En este trabajo se observaron marchitamientos asociados a la presencia de *Fusarium* sp. (patógeno fúngico habitante del suelo). La rápida progresión de la enfermedad del marchitamiento vascular observada en períodos de abundantes lluvias, se debió a la susceptibilidad de la uchuva al anegamiento y a *F. oxysporum* (Navarrete 2013). Por lo cual, es necesario realizar buenas prácticas agrícolas (rotación de cultivos, trabajar con material saneado, realizar una correcta preparación del suelo donde se implante el cultivo para favorecer el buen drenaje del mismo, aplicar correctamente el riego, evitando los excesos) para minimizar la incidencia de este patógeno, ya que se encuentra en el suelo y puede permanecer por décadas.

A partir de este trabajo de tesis se cuenta con información fundamental para el sector frutihortícola de Tucumán sobre aproximaciones generales del cultivo de uchuva. Son los primeros reportes del rendimiento potencial del cultivo en la región, los parámetros de calidad de fruta y los requerimientos climáticos que precisa para completar sus fases fenológicas.

### **Validación de hipótesis**

Los capítulos “Duración de las fases fenológicas de *Physalis peruviana* L.” (2), “Evaluación de la asociación de la temperatura y el fotoperíodo con el rendimiento de *Physalis peruviana* L.” (3) y “Caracterización de la fruta en cuanto a parámetros de calidad y análisis de su comportamiento postcosecha” (4) responden a la hipótesis 1 “El ambiente fototermal explorado por el cultivo es distinto al cambiar la fecha de plantación por lo que

se modifica la duración de las distintas fases fenológicas y en consecuencia determinan diferencias en el rendimiento y la calidad” aceptando parcialmente la misma, ya que si bien, distintas fechas de plantación presentaron diferencias en la duración de las fases fenológicas y diferencias significativas en el rendimiento total, obteniendo los mayores rendimientos en las fechas tempranas de trasplante, no se encontró diferencia significativa en la calidad de los frutos en el momento de la cosecha.

A su vez el capítulo “Relevamiento de los principales problemas fitosanitarios que afectan a esta especie a lo largo de su ciclo productivo” (5) responde a la hipótesis 2 “La presencia de artropofauna fitófaga y de fitopatógenos se relaciona con la fecha de plantación.”, aceptando la misma, ya que el efecto de los fitófagos sobre el cultivo fue mayor en las plantaciones más tardías. La enfermedad registrada a campo se hizo presente hacia finales del ciclo del cultivo. Con lo cual, cada capítulo responde a los respectivos objetivos específicos planteados.

### **Implicancias futuras**

En base a la enseñanza dejada por esta tesis, sería interesante explorar estrategias para aumentar el rendimiento, principalmente anticipar las fechas de siembra/trasplante, buscando anticipar las cosechas, extender el ciclo productivo y escapar de los problemas fitosanitarios de fin de ciclo; evaluar la respuesta del cultivo a diferentes niveles de fertilización, en términos de productividad y tamaño/peso de la fruta, ya que hay evidencias que deficiencias en N, B y P tienen implicancias en el peso (Martinez et al. 2008). A su vez se podría estudiar el efecto de mayores densidades de plantas, manejo de la poda y el sistema de conducción (debido a que hay estudios que indican que el rendimiento está relacionado con diferentes marcos de plantación); profundizar el conocimiento de la artropofauna y

microbiota (adversas y benéficas), identificando los géneros encontrados en esta tesis hasta nivel de especie y diseñar un programa de manejo integrado de plagas y enfermedades, tendiente a minimizar la incidencia de los mismos en el rendimiento cuali-cuantitativo del cultivo.

El cultivo de la uchuva permitiría diversificar la oferta frutihortícola exportable de Tucumán e incrementar el ingreso de divisas a la provincia, además de ofrecer una alternativa productiva rentable a pequeños productores (minifundios cañeros), mejorar sus ingresos y calidad de vida, generar empleo y reducir la migración rural hacia los aglomerados urbanos. De hecho, las actuales empresas productoras/exportadoras están recibiendo demandas de otras frutas pequeñas, entre ellas uchuva.

El desarrollo de este cultivo en Tucumán es una oportunidad para generar vínculos entre el sector productivo, de Ciencia y Tecnología (INTA, UNT, CONICET, etc.) y las entidades crediticias. Por otro lado está todo el sector agroindustrial y de agregado de valor que puede generarse a partir de la uchuva por la diversidad de productos que pueden obtenerse de ella (salsas, licores, helados, mermeladas, pasas, congelados, jugos, etc.), haciendo hincapié en las propiedades nutraceuticas del fruto.



## Bibliografía

- Agrios, G.N. 2001. Edit. UTHEA-Noriega. México. Fitopatología. 2<sup>da</sup> Edición.
- Agüero, J. J. 2012. Bases nutricionales del cultivo de frutilla (*Fragaria ananassa*Duch.). Tesis de Maestría. Escuela para Graduados Ing. Agr. Alberto Soriano. Facultad de Agronomía-Universidad de Buenos Aires.
- Aguilar, M. R., Gaytán López, E., Hernández Ayala, J. J. y Aguirre Ponce, D. 2006. Agrofenología de *Physalis peruviana* L. en invernadero y Fertirriego. Rev. Chapingo serie horticultura 12: 57-63.
- Aguirre, O. J. 2003. Relaciones hídricas en plantas enfermas. En La Ecofisiología Vegetal: una Ciencia de Síntesis, Reigosa, M. J., Pedrol, N. y Sánchez-Moreiras, A. eds. (Madrid: Paraninfo S.A., International Thomson Editores), 287–302.
- Alarcón, L. I. M. 2017. Efectos del raleo sobre los perfiles de azúcares y ácidos orgánicos en *Prunus pérsica* [(L.) Batsch] durante postcosecha. Tesis presentada para optar al grado de Magíster en Biotecnología. Universidad Andrés Bello. Santiago – Chile.
- Aldana, F. A. M. y Manjarres, J. A. U. 2014. Evaluación del efecto de la radiación UV-C, sobre parámetros de calidad y extensión de la vida útil de frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L.) bajo condiciones comerciales de almacenamiento. Trabajo de grado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agroindustrial. Universidad de Tolima. Ibagué Tolima.
- Ali, A. y Singh, B. P. 2014. Potentials of Cape gooseberry (*Physalis peruviana*L.): an under-exploited small fruit in India. TheAsian J. Hortic. 8(2): 775-777.
- Almeida, G. D., Andrade, G. S., Vicentini, V.B., Barbosa, W. F., Sobreira, F. M. y Pratissoli, D. 2009. Occurrence of *Faustinus* sp (Coleoptera: Curculionidae) in Southeastern Brazil tomato crops. Rev. Agronomía Colombiana 27 (3): 417-419.
- Almeida, F. H. Z. 2017. El cultivo de uvilla (*Physalis peruviana*) y su adaptabilidad a las condiciones de clima cálido, con adición de materia orgánica en el cantón Vines provincia de Los Ríos. Proyecto de investigación previo a la obtención del Título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias para el Desarrollo. Universidad de Guayaquil.
- Altamirano, M. 2010. Estudio de la cadena productiva de uvilla (*Physalis peruviana* L.) en la Sierra norte del Ecuador. Trabajo de Grado - Universidad San Francisco de Quito, Colegio de Agricultura, Alimentos y Nutrición, Quito.
- Angulo, R. 2005. Uchuva el cultivo. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. P 78.
- Angulo, R. 2011. Uchuva *Physalis peruviana*. Bogotá: Bayer Crop Science. P 60.
- Arias, F. L. G. 2017. Análisis de asociación en rasgos de rendimiento, tamaño y calidad fisicoquímica del fruto en uchuva (*Physalis peruviana* L.). Tesis de investigación presentada como requisito parcial para optar al título de: Magister en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Posgrado, Bogotá-Colombia.
- Bado, S. G., Cerri, M. A. y Vilella, F. 2005. Fauna insectil asociada a cultivos de dos especies de *Physalis* (*Solanaceae*) en Argentina. Entomología Veg. Plagas, 31: 321-333.
- Balaguera, L. H. E., Ramírez, L. V. y Herrera, A. 2014. Fisiología y bioquímica del fruto de uchuva (*Physalis peruviana* L.) durante la maduración y postcosecha. En: Carvalho, C.P. y D.A. Moreno (eds.). *Physalis peruviana*: fruta andina para el mundo. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo-CYTED; 113-131.

- Benavides, M. A. y Mora, H. R. 2005. Los insectos plagas limitantes en el cultivo de la uchuva y su manejo. Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en Colombia. 83-95.
- Betemps, D. Z., Fachinello, J. C., Lima C. S. M., Galarca, S. P. y Rufato, A. 2014. Época de semeadura, fenología e crescimento de plantas de fisális no sul do Brasil. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal- SP, 36: 179-185.
- Bonilla, M., Arias, P., Landínez, L., Moreno, J., Cardozo, F. y Suárez, M. 2009. Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de la uchuva en fresco para exportación en Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural; Proyecto Transición de la Agricultura - Universidad Nacional de Colombia, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Corpoica- Bogotá. 17-72
- Botero, V. O. 2002. Conservación de la mora de Castilla en atmósferas modificadas. pp. 247-251. En: Memorias 4º Seminario nacional de frutales de clima frío moderado. Medellín. Centro de Desarrollo Tecnológico de Frutales (CDTF) y Corpoica, Medellín. 392 p.
- Calderón, E. 1993. Fruticultura general. Tercera edición. Ed. Limusa. México. 763 p.
- Campos de Melo, A. P., Fernandes, P. M., Silva-Neto, C. Ferreira, G. A. y Seleguini, A. 2017. First record of *Chloridea (Heliothis) subflexa* (Lepidoptera: Noctuidae: Heliothinae) on cape gooseberry (*Physalis peruviana*) in Brazil. Rev. Colombiana de Ciencias Hortícolas 11: 267-272.
- Carlen, C., Potel, A. M., Bellon, C. y Ancay, A. 2005. Qualité des fraises: effects de la variété du rapportfeuille/fruit, de la période de récolte et du stade de maturité. RevueSuisseVitic. Arboric. Hortic., 37:87-93.
- Caruso, G., Villari, A. y Villari, G. 2004. Quality characteristics of *Fragaria vesca* L. fruits influenced by NFT solution EC and shading. Acta Hort. 648: 167-175.
- Castañeda, G. E. y Paredes, R. I. 2003. Estudio del proceso respiratorio, principales ácidos orgánicos, azúcares y algunos cambios físico-químicos en el desarrollo del fruto de uchuva (*Physalis peruviana* L.). Trabajo (Grado) - Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2003.
- Castro, V. E. C. 2009. Bases para la utilización de plantas con cepellón como material de plantación del fresón: influencia de la fecha de plantación y los cultivares bajo cultivo protegido en el Litoral Norte de Uruguay. Tesis para optar al título de Doctor Ingeniero Agrónomo. Universidad Politécnica de Valencia.
- Cerri, A. M. 2006. Comportamiento de *Physalis ixocarpa* Brot. y *Physalis peruviana* L. en Buenos Aires. Rev. Facultad de Agronomía UBA, 26(3): 263-274.
- Chaves, A. C. 2006. Propagação e avaliação fenológica de *Physalis* sp. na região de Pelotas, RS. 65 f. Tesis de Doctorado en Ciencias – Fruticultura de Clima Templado. Universidad Federal de Pelotas, Pelotas, RS.
- Chia, C. L., Nishima, M. S. y Evans, D. O. 1997. Poha. CTAHR Fact Sheet. Horticultural Commodity No. 3. University of Hawaii. Manoa. 2 p.
- Contreras, G. L. R., Duarte, M. R., Durón, G. A. S. y Contreras, R. F. 2011. Evaluación del efecto de la fecha de siembra en la productividad y calidad de híbridos de pepino europeo bajo condiciones de invernadero en el noroeste de Sonora. Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud de la Universidad de Sonora. Volumen XIII, N° 1: 29-36.
- Criollo, H., Lagos, T.C, Fischer, G., Mora, L. y Zamudio, L. 2014. Comportamiento de tres genotipos de uchuva (*Physalis peruviana* L.) bajo diferentes sistemas de poda. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 8: 34-43.

- Cusumano, C. 2009. Apoyo a los pequeños productores cañeros para el mejoramiento de la producción y comercialización de miel de caña y subproductos en el departamento de Simoca, Tucumán, Argentina. XII Jornadas Interescuelas/Departamentos de Historia. Departamento de Historia, Facultad de Humanidades y Centro Regional Universitario Bariloche. Universidad Nacional del Comahue, San Carlos de Bariloche.
- D'Angelo, J. W. O., Bastos, M. C., Cuquel, F.L. 2017. Maintenance pruning in *Physalis* commercial production. *Bragantia* 76: 214-219.
- Darnell, R. L., Williamson, J. G. y Spann, T. M. 2003. Photoperiodiceffectsonvegetative and reproductivegrowth of *Vacciniumdarrowi* and *V. corymbosum*InterspecificHybrids. *HortScience* 38(2): 192-195.
- De La-Rotta, M.C. 2014. Enfermedades de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). En *Physalis peruviana* L.: Fruta Andina para el Mundo, C.P. Carvalho, y D.A. Moreno, eds. (Murcia, España: CYTED CORNUCOPIA, CEBA-CSIC). 49–78.
- Estupiñán, H. y Ossa, J. 2007. Efecto del agente causal de la marchitez vascular de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) el hongo *Fusarium oxysporum*, sobre algunas solanáceas y otras especies cultivadas afectadas por formas especiales del microorganismo. Trabajo de Grado Microbiología Agrícola. Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias, Bogotá. 89 p.
- Fischer, G., Torres, F. y Ludders, P. 1998. Efecto de la altitud sobre los componentes de la producción en uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Ciencia y Agricultura* 4: 156-170.
- Fischer, G. y Martínez, O. 1999. Calidad y madurez dela uchuva (*Physalis peruviana* L.) en relación con la coloración del fruto. *Agron. Colomb.* 16: 35-39.
- Fischer, G. 2000. Crecimiento y desarrollo. pp. 9-26. En: Flórez, V.J.; Fischer, G. y Sora A. D. (e.ds.). Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Unibiblos, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 175 p.
- Fischer G., Miranda, D., Piedrahita, W. y Romero, J. 2005. Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en Colombia. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Agronomía. Primera edición. Las enfermedades limitantes en cultivo y poscosecha de la uchuva y su control, 97-110.
- Fischer, G., Posada, Casierra F. y Piedrahita, W. 2009. Ecofisiología de las especies pasifloráceas cultivadas en Colombia. En: Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba. Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas, Bogotá. 45-49.
- Fischer, G., Herrera, A. y Almanza, P. J. 2011. Cape gooseberry (*Physalis peruviana*L.) 374-396. En: Yahia, E.M. (ed.) Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits. Vol. 2. Acai to citrus. Woodhead Publishing, Oxford, U.K.
- Fischer, G. y Miranda, D. 2012. Uchuva (*Physalis peruviana* L.). En: Fischer, G. (Ed.). Manual para el cultivo de frutales en el trópico. Bogotá: Produmedios. 851-873.
- Fischer G. y Melgarejo L. M. 2014. Ecofisiología de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Cap. II Agronomía. *Physalis peruviana* fruta andina para el mundo. 28-49.
- Fischer, G., Merchán, A. P. J. y Miranda, D. 2014. Importancia y cultivo de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal-SP, 36:1-15.
- Galvis, J. A., Fischer, G. y Gordillo, O. P. 2005. Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en Colombia. Universidad Nacional de

- Colombia Facultad de Agronomía. Primera edición. Cosecha y poscosecha de la uchuva. 165-190.
- García, M. C., Peña, A. C. y Brito, B. 2014. Desarrollo tecnológico para el fortalecimiento del manejo poscosecha de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). 80-112. En: Carvalho, C.P. y D.A. Moreno (eds.). *Physalis peruviana*: fruta andina para el mundo. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo- CYTED, Limencop SL, Alicante, España.
- García, Q. E., García, S. O. y Sandoval, V. E. C. 2015. Efecto del tutorado y distancia de siembra sobre el rendimiento de *Physalis peruviana* L. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 18: 91-99,
- Gastelum, D. 2012. Demanda nutrimental y manejo agronómico de *Physalis peruviana* L. 74 f. Tesis de Maestría en Ciencias. Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas, Texcoco.
- Giraldo, G. I., Cruz, C. D. y Sanabria, N. R. 2017. Propiedades físicas del jugo de uchuva (*Physalis peruviana*) clarificado en función de la concentración y la temperatura. Información tecnológica. 28: 133-142.
- Gómez, W. 2006. Plan de mercadeo para la comercialización de uchuva fresca en Alemania. Trabajo de grado Ingeniería Industrial. Universidad Javeriana. Facultad de Ingeniería. Bogotá. 62 p.
- González Lelong, A., Díaz Hermelo, F. y Fuentes, C. 1997. Tucumán, subsectores agrícolas y sus correspondientes agroindustrias. Consejo Federal de Inversiones, Argentina.
- Grasso, R., Muguiro, A., Ferratto, J., Mondino, M. C. y Longo, A. 2004. Efecto de la época y de la densidad de plantación sobre la productividad del tomate (*Lycopersicon esculentum* mil.) bajo invernadero. Rev. FAVE. Ciencias Agrarias 3:1-2.
- Grijalva, C.R.L., Macías, D.R. y Robles, C.F. 2007. Productividad de seis variedades de pepino europeo bajo condiciones de invernadero en el Noroeste de Sonora. Biotecnia. 9:32-38.
- Gupta, S. K. y Roy, S. K. 1981. The floral biology of cape gooseberry (*Physalis peruviana* Linn; *Solanaceae*, India). Indian J. Agric. Sci. 51: 353-355.
- Guzmán, N. R. y Segura, E. 1989. Tecnología de frutas y hortalizas. Unisur, Bogotá. 240 p.
- Haglund, W. y Kraft, J. 2001. Fusarium wilt. 14-16. In: Kraft, J.M. y Pflieger, F.L. (eds.). Compendium of pea diseases and pests. The American Phytopathological Society Press, Minnesota, USA. 84 p.
- Hakala, M., Lapveteläinen, A., Huopalahti, R., Kallio, H. y Tahvonen, R. 2003. Effects of varieties and cultivation conditions on the composition of strawberries. J. Food Compos. Anal. 16: 67-80.
- Hall, I. V., Craig, D. L. y Aalders, L. E. 1963. The effect of photoperiod on the growth and flowering of the Highbush Blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 82: 260-263.
- Hansen, A. y Sunding, P. 1993. Flora of Macaronesia. Check list of vascular plants. 4. revised edition. Sommerfeltia 17: 1-295.
- Heinze, W. y Midash, M. 1991. Photoperiodische Reaktion von *Physalis peruviana* L. Gartenbauwissenschaft. 56: 262-264.
- Heiser, C. B. 1987. The fascinating world of the nightshades. Dover Publications, New York, USA.

- Heredia, A. M., Quiroga, R. J. y Kirschbaum, D. S. 2017. Primer reporte de géneros fúngicos causando decaimiento poscosecha en goldenberry (*Physalis peruviana* L.) en Argentina. Libro de resúmenes. 4° Congreso Argentino de Fitopatología. P 219.
- Hernández, M. S. 2001. Conservación del fruto de arazá (*Eugenia stipitata*) durante la poscosecha mediante la aplicación de diferentes técnicas. Tesis de doctorado. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Hernández, R., Lobo, M. y González, M. 2005. Aptitud al procesado mínimo de cuatro cultivares de mango (*Mangifera indica* L.). En: Alonso de la Torre, S.R. (coord.). *Avances de la Ciencia y Tecnología de los Alimentos en los inicios del siglo XXI*, 445-448. Universidad de Burgos, España. 2005.
- Heuvelink, E. 1996. Tomato growth and yield: quantitative analysis and synthesis. PhD Thesis, Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands.
- Honorio, H. E. S. 2015. Últimas investigaciones de la industrialización del tabaco (*Nicotianatabacum*). Trabajo presentado para optar por el título de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo- Perú.
- ICONTEC. 1999. Frutas frescas. Uchuva. Especificaciones. Norma Técnica Colombiana NTC 4580. Instituto Colombiano de Normas Técnicas.
- JandelScientific. 1991. Table Curve v. 3.0. User's manual version 3.0 AISN software. Corte Madera, CA: JandelScientific.
- Janeta, M. P. C. 2017. Evaluación de la vida útil de la *Fragaria x ananassa*Duch (FRESA) por efecto de la aplicación de cloruro de calcio y un recubrimiento comestible. Trabajo presentado para optar al título de Ingeniera en Industrias Pecuarias. Facultad de Ciencias Pecuarias. Riobamba – Ecuador.
- Kader, A. A. 2002. Postharvesttechnology of horticultural crops. University of California, Agricultural and Natural Resources, Publication 3311. Oakland, CA. 1:1-8.
- Kirschbaum, D. S., Paz, C. M., Formoso Requena, M. F., Manzano, C. 2012. Frutas Finas. Un segmento agroexportador de peso en la economía de Tucumán en constante cambio. Revista Indicadores de Evolución de la Provincia de Tucumán (Fundación del Tucumán) 5: 38-48.
- Kirschbaum, D. S., Jerez, E. F., Salazar, S. M., Borquez, A. M., Meneguzzi, N. G., Agüero, J. J., Conci, V. C., Conci, L. R., Salame, T. P., y Santos, B. M. 2014. "Causes of non-marketable fruit production throughout the strawberry harvest season in subtropical environments" en ACTA HORTICULTURAE. 8: 887 - 892
- Lanchero, O., Velandia, G., Fischer, G., Varela, N. C. y Garcia, H. 2007. Comportamiento de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en poscosecha bajo condiciones de atmósfera modificada activa. Revista Corpoica- Ciencia y TecnologíaAgropecuaria 8: 61-68.
- Legge, A. P. 1974. Notes on the history, cultivation and uses of *Physalis peruviana* L. Journal of the Royal Horticultural Society, London, 99: 310-314.
- Ligarreto, G., Lobo, M. y Correa, A. 2005. Recursos genéticos del género *Physalis* en Colombia. En: Fischer G.; Miranda D.; Piedrahita W. y Romero J. (ed.). *Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva(P. peruviana* L.) en Colombia. 111-130. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía.
- López, A. 1978. Un nuevo cultivo de alta rentabilidad: la uvilla o uchuva (*Physalis peruviana* L.). Revista EssoAgricola. 25: 21-28.

- López, J. E. S., Villa, M. S., Gonzáles, G. A., Solorio, C. O., Hernández, M. V. y León, T. C. 2016. Fenología de *Physalis peruviana* L. cultivada con base en tiempo térmico. Rev. Mex. Cienc. Agríc. Pub. Esp.. 17:3521-3528.
- López, J. E. S., Villa, M. S., Gonzáles, G. A., Solorio, C. O., Hernández, M. V. y León, T. C. 2018. Fecha de trasplante, boro, potasio y poda en la producción de frutos de *Physalis peruviana* L. en hidroponía e invernadero. Agrociencias 52: 255 – 265.
- López, J. S. M. 2017. Evaluación del efecto de diferentes mezclas de sustratos sobre la germinación y crecimiento de plántulas de uchuva (*Physalis peruviana* L.) en condiciones de invernadero. Trabajo presentado para optar al título de agrónomo. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Facatativá, Colombia.
- Márquez, C., Trillos, O., Cartagena, J. y Cotes, J. 2009. Evaluación físico-química y sensorial de frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L.) Vitae 16: 42-48.
- Martínez, F. E., Sarmiento, J., Fischer, G. y Jiménez, F. 2008. Efecto de la deficiencia de N, P, K, Ca, Mg y B en componentes de producción y calidad de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Agronomía Colombiana 26: 389-398.
- Martínez, M. 1998. Revisión de *Physalis* sección Epiteiorhiza (Solanaceae). Anales del Instituto de Biología de la UNAM (México). Serie Botánica 69: 71-117
- Mazorra, M. y Quintana, A. 2003. Desarrollo del fruto y aspectos anatómicos de las estructuras reproductivas de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en la zona de Subia (Cundinamarca). Trabajo de Grado. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Mazumdar, B. C. 1979. Cape gooseberry - the yam fruit of India. World Crops (January/February), 19-23.
- Medina, E. 1991. El cultivo de la uchuva tipo exportación. Revista Agricultura Tropical, Palmira, 28: 55-58.
- Mendoza, J. H., Rodríguez, A. y Millán, P. 2012. Caracterización fisicoquímica de la uchuva (*Physalis peruviana*) en la Región de Sivia Cauca. Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustria. 10: 188-196.
- Menzel, C.M. y Simpson, D. R. 1994. Passionfruit. En: Schaffer, B. y Andersen P.C. (eds.). Handbook of environmental physiology of fruitcrops. Vol. II: Subtropical and tropical crops. CRC Press, Boca Raton, FL. 225-241
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2002. Uchuva. Perfil de Producto No. 13. Sistema de Inteligencia de Mercados. Corporación Colombia Internacional. Bogotá, Colombia. 12 p.
- Miralles, D. J., Windauer, L. B y Gómez, N. V. 2010. Factores que regulan el desarrollo de los cultivos de grano. Cap. 5. Producción de granos-Bases funcionales para su manejo. 61-65.
- Miranda, D. 2005. Criterios para el establecimiento, los sistemas de cultivo, el tutorado y la poda de la uchuva. En: Fischer, G.; Miranda, D.; Piedrahíta, W.; Romero, J. (Ed.). Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en Colombia. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. 29-54.
- Miura, H., Yoshida, M. y Yamasaki, A., 1994. Effect of temperature on the size of strawberry fruit. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 62: 769-774.
- Morton, F. J. 1987. Cape Gooseberry, 430-434. In: Fruits of Warm Climates. Morton F., J. (Edit). University of Miami. Media Incorporated. Miami, FL.

- Moura, P. H. A., Coutinho, G., Pio, R., Bianchini, F. G. y Curi, P. N. 2016. Plastic covering, planting density, and pruning in the production of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) in subtropical region. *Rev. Caatinga*, Mossoró, 29: 367 – 374.
- Muniz, J., Kretschmar, A. A., Rufato, L. y Gatiboni, L. C. 2012. Principais pesquisas realizadas com o cultivo de *Physalis* no Sul do Brasil. In: *ReuniaoTecnica da Cultura da physalis 2*, Lages. Anais. Lages: UDESC. 56-79.
- Muniz, J., Marchi, T., Coldebella, M. C., Rufato, L. y Kretschmar, A. A. 2015. Crescimento vegetativo e potencial productivo de fisális. *Revista de Ciencias Agroveterinarias*, Lages 14: 15-23.
- National Research Council. 1989. Goldenberry (Cape gooseberry). En: *Lost crops of the Incas*. National Academy Press, Washington, D.C. 241-251.
- Navarrete, A. P. V. 2013. Evaluación fisiológica de plantas de uchuva (*Physalis peruviana* L.), en la respuesta al estrés por anegamiento e infección de *Fusarium oxysporum*. Trabajo presentado para optar al título de Magister en Ciencias Agrarias, Línea Fisiología de cultivos. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Nestby, R., Lieten, F., Pivot, D., Raynal, L. C., Tagliavini, M. y Evenhuis, B. 2005. Influence of mineral nutrients on strawberry fruit quality and their accumulation in plant organs: A review. *Intl. J. FruitSci.* 5: 201-206.
- Novoa, R., Bojacá, M., Galvis, J. y Fischer, G. 2006. La madurez del fruto y el secado del caliz influyen en el comportamiento poscosecha de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) almacenada a 12°C. *Agronomía Colombiana* 24(1): 77-86
- Otegui, M. E. y López, P. M. 2010. Fecha de siembra. Producción de granos- Bases funcionales para su manejo. 12: 259-274.
- Panayotov, N. y Popova, A. 2014. Vegetative and productive behaviors of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.), grown by direct sowing outside under conditions of Bulgaria. *Tur. J. Agric. Nat. Sci.* 6(6):1141-1146.
- Panayotov, N. y Tsorlianis, S. 2002. The Effect of the Type of Seedling and of the Planting Scheme on Productivity and Quality of Tomatillo (*Physalis peruviana* L.) grown under Bulgarian Conditions. *Acta Hort.* 579: 373- 376.
- Pinzón, E. H., Reyes, A. J., Herrera, J. G. A., Leguizamo, M. F. y Joya, J. G. 2015. Comportamiento del fruto de uchuva *Physalis peruviana* L., bajo diferentes temperaturas de almacenamiento. *Rev. Cienc. Agr.* 32: 26-35.
- Prochile. 2011. Cultivo de Goldenberry (*Physalis peruviana* L.) en la zona central de Chile.
- Procolombia 2015. Disponible en <https://www.elespectador.com/economia/uchuva-el-otro-oro-de-exportacion-articulo-718386>. Acceso en abril de 2018.
- Puente, L. A., Pinto-Muñoz, S. A., Castro, E. S. y Cortés, M. 2011. *Physalis peruviana* Linnaeus, the multiple properties of a highly functional fruit: A review. *Food Research International*, Essex, 44: 1733-1740.
- Raghava, R. P. y Murty, Y. S. 1987 Studies on the floral biology of *Physalis peruviana* and *angulata* Geobios New Rep. 6: 47-50.
- Ramírez, J. M., Galvis, J. A. y Fischer, G. 2005. Maduración poscosecha de la feijoa (*Accasellowiana* Berg) tratada con CaCl<sub>2</sub> en tres temperaturas de almacenamiento. *Agronomía Colombiana*. 23: 117-127.
- Rao, V. G. y Subramoniam, V. A. 1976. A new post-harvest disease of cape-gooseberry: *Journal of the University of Bombay* 45: 58-61.

- Rapoport, E. H.; Marzocca, A. y Drausal, B. S. 2009. Malezas comestibles del cono sur y otras partes del planeta. 130-132.
- Rehm, S. y Espig, G. 1991. The cultivated plants of the tropics and subtropics. Weiherheim: Verlag Margraf.
- Rivera, B., D. Miranda, L.A. Ávila y A.M. Nieto. 2008. Manejo integral del cultivo de la granadilla (*Passiflora ligularis* Juss.). Ed. Litoas, Manizales, Colombia. 17-29.
- Rodrigues, F. A., Penoni, E. S., Soares, J. D. R., Silva, R. A. L. y Pasqual, M. 2013. Caracterização fenológica e produtividade de *Physalis peruviana* cultivada em casa de vegetação. Biosci. J., Uberlândia, 29: 1771-1777.
- Rodríguez, A. 2012. Efecto de la temperatura sobre el ciclo de crecimiento de la pera Williams. Boletín agrometeorológico n° 10. Sección Agrometeorología, INTA Alto Lavalle.
- Rodriguez, E., Rockenbach, I. I., Chaves, E. S. y Fett, R. 2009. Minerals and essential fatty acids of the exotic fruit *Physalis peruviana* L. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, 29: 642-645.
- Rodríguez, H. E. y Canencio, J. A. O. 2007. Efecto del agente causal de la marchitez vascular de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) el hongo *Fusarium oxysporum* Schlecht, sobre algunas solanáceas y otras especies cultivadas afectadas por formas especiales del microorganismo. Tesis para optar al título de Microbiólogo Agrícola y Veterinario. Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana.
- Salazar, M. R., Chaves, C. B., Cooman, A. y Jones, J. W. 2006. A simple phenological and potential production model for cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.). Acta horticulturae. 718: 105-112.
- Salazar, M. R., Jones, J. W., Chaves, B., Cooman, A. y Fischer, G. 2008. Base temperature and simulation model for nodes appearance in Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.). Rev. Bras. Frutic 30: 862-867.
- Salentijn, E. M., Aharoni, A., Schaart, J. G., Boone, M. J. y Krens, F. A. 2003. Differential gene expression analysis of strawberry cultivars that differ in fruit-firmness. Physiol. Plant. 118: 571-578.
- Sánchez, E. 1991. Flora agrícola – Tomo I. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. P 1294.
- Sánchez, J. P. 2002. Estudios fenológicos de uchuva (*Physalis peruviana* L.) en El Zamorano. Trabajo de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado Académico de Licenciatura. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. El Zamorano.
- Sandoval, E. H. P., Reyes, A. J. y Herrera, J. G. A. 2016. Efecto del cloruro de calcio sobre la calidad del fruto de uchuva (*Physalis peruviana* L.). Revista Ciencia y Agricultura 13: 7-17.
- Sanzano, G. A. y Fadda, G. S. 2009. Características de los suelos para caña de azúcar: recomendaciones de manejo. 23-34 En: Romero, E. R., Digonzelli, P. A. y Scandaliaris, J. (eds.), Manual del Cañero, Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes, Tucumán- Argentina. 232 p.
- Secretaría de Estado de Comunicación Pública. 2016. Partió un avión con 75 toneladas de arándanos a Londres. <http://comunicaciontucuman.gob.ar/2016/10/partio-un-avion-con-75-toneladas-de-arandanos-a-londres/>. Visitado 28/05/17.
- SENASA-SINAVIMO 2018. <http://www.senasa.gob.ar/sistemas-online/sinavimo>. Visitado 13/06/18.



- Sora, A. D., Fischer, G. y Flores, R. 2006. Almacenamiento refrigerado de frutos de mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.) en empaques con atmosfera modificada. Rev. Agronomía Colombiana 24: 306-316.
- Sullivan, J. R. 2004 The genus *Physalis* (Solanaceae) in the southeastern United States. *Rhodora* 106: 305-326.
- Sullivan, J. R., Shah, V. P. y Chissoe, W. 2005 Palynology and systematics of *Physalis* (Solanaceae). In: Keating RC, Hollowell V, Croat TB ed (s). A Festschrift for William G. D'Arcy: the legacy of a taxonomist. (Monographs in systematic botany from the Missouri Botanical Garden 104). St. Louis, Mo.: Missouri Botanical Garden. 287-300.
- Tamayo, L. A. S. 2006. Diagnóstico de la problemática actual de enfermedades en el cultivo de uchuva *Physalis peruviana* L. en el Departamento de Antioquia. Trabajo de grado para optar al título de Microbiología Agrícola y Veterinaria. Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana.
- Thomás, J. P. y Ortega, S. S. M. 2014. Recursos genéticos y mejoramiento de *Physalis peruviana* L. Capítulo 1. *Physalis peruviana* L. fruta andina para el mundo. 7-8.
- Undurraga, P. y Vargas, S. 2013. Manual del arándano. Boletín INIA N° 236. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA, Centro Regional de Investigación Quilampu, Chillán, Chile.
- Velásquez, C. E. J. y Velásquez, C. K. I. 2017. Evaluación de las características fisicoquímicas del aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) de la zona andina y selva en diferentes estados de madurez. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional de Centro del Perú. Huancayo – Perú.
- Vergara, R. 1999. Entomología económica: Talleres prácticos. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 91-102.
- Verhoeven, J. T. J., Jansen, C. C. C., Botermans, M. y Roenhorst, J. W. 2010. Epidemiological evidence that vegetatively propagated, solanaceous plant species act as sources of Potato spindle tuber viroid inoculum for tomato. *Plant Pathology*, 59: 3–12.
- Viejobueno, J., Ramallo, A. C., Kirschbaum, D. S., Bains, O. M. y Salazar, S. M. 2017. Severe outbreaks of strawberry Crown and root charcoal rot caused by *Macrophomina phaseolina* in Tucumán, Argentina. *Revista agronómica del noroeste argentino*. 37: 111-114
- Villarreal-Navarrete, A., Fischer, G., Melgarejo, L.M., Correa, G. y Hoyos-Carvajal, L. 2017. Growth response of the cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) to waterlogging stress and *Fusarium oxysporum* infection. *Acta Hort.* 1178: 161-168.
- Wang, S. Y. y Jiao, H. J. 2000. Scavenging capacity of berry crops on superoxide radicals, hydrogen, hydroxyl radicals, and single oxygen. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48: 5677-5684.
- Waterfall, U. T. 1967. *Physalis* in Mexico, Central America and the West Indies. *Rhodora* 69: 82–120.
- Whitson, M. y Manos, P. S. 2005. Untangling *Physalis* (Solanaceae) from the Physaloids: a two-gene phylogeny of the Physalinae. *Systematic Botany*. 30: 216-230.
- Wills, R., Glasson, B., Graham, D. y Joyce, D. 1998. Postharvest: an introduction to the physiology and handling. CAB International, Wallingford. 280 p.
- Willyam, E. O. U. 2013. Fenología y producción de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) en función de la fertilización N, P, K en pampas de San Juan, Laredo. Trujillo-Perú. 90 p. tesis de grado en Agropecuaria. Facultad de ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Trujillo.

- Wolff, X. Y. 1991. Species, cultivar, and soil amendments influence fruit production of two *Physalis* species. HortScience. 26: 1558-1559.
- Zapata, J. L., Saldarriaga, A., Lodoño, M. y Díaz, C. 2002. Manejo del cultivo de la uchuva en Colombia. Boletín Técnico 14. Corpoica. C.I. La Selva, Rio negro, Antioquia. 40 p.
- Zapata, J. L., Saldarriaga, A., Lodoño, M. y Díaz, C. 2005. Las enfermedades limitantes en cultivo y poscosecha de la uchuva y su control. Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en Colombia. 97-110.
- Zuccardi, R.B. y Fadda, G.S. 1985. Bosquejo Agroecológico de la Provincia de Tucumán. Miscelánea 86. Facultad de Agronomía y Zootecnia de la UNT Universidad Nacional de Tucumán. Tucumán. Argentina, 86: 1-33.